ผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายโดยใช้ท่าฝึกและช่วงระยะเวลาแตกต่างกัน
ที่มีต่อพลังกล้ามเนื้อ

นางสาวสลิษา ยูนุช

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ACUTE EFFECTS OF WHOLE-BODY VIBRATION USING DIFFERENT POSITIONS AND DURATIONS ON MUSCULAR POWER

Miss Salisa Yunuch

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Sports Science
Faculty of Sports Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2014

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายโดยใช้ท่าฝึกและช่วงระยะเวลาแตกต่างกันที่มีต่อพลังกล้ามเนื้อ
โดย	นางสาวสลิษา ยูนุช
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิม ชัยวัชราภรณ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไก้ออน ชินธเนศ)

Chulalongkorn University

สลิษา ยูนุช : ผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายโดยใช้ท่าฝึกและช่วงระยะเวลาแตกต่างกันที่มีต่อพลังกล้ามเนื้อ (ACUTE EFFECTS OF WHOLE-BODY VIBRATION USING DIFFERENT POSITIONS AND DURATIONS ON MUSCULAR POWER) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร.ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์, 109 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายระหว่างท่าฝึกและช่วงระยะเวลาแตกต่างกันที่มีต่อพลังกล้ามเนื้อ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬากรีฑาและนักกีฬาซอฟต์บอลของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศหญิง จำนวน 12 คน ในการทดลองใช้วิธีถ่วงดุลลำดับ ให้กลุ่มตัวอย่างทำการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย 6 แบบ การสั่นสะเทือนทั้งร่างกายแบบที่ 1-3 ใช้ท่า Static half squat โดยแบบที่ 1 ใช้ช่วงระยะเวลา 15 วินาที แบบที่ 2 ใช้ช่วงระยะเวลา 30 วินาที แบบที่ 3 ใช้ช่วงระยะเวลา 45 วินาที และแบบที่ 4-6 ใช้ท่า Static quarter squat โดยแบบที่ 4 ใช้ช่วงระยะเวลา 15 วินาที แบบที่ 5 ใช้ช่วงระยะเวลา 30 วินาที แบบที่ 6 ใช้ช่วงระยะเวลา 45 วินาที ใช้ความถี่ในการสั่น 45 เฮิร์ทซ แอมพลิจูด 4 มิลิเมตร โดยในช่วงของการทดสอบจะทำการทดสอบทั้งหมด 2 ครั้ง คือ ก่อนและหลังการสั่น โดยค่าที่ได้จากการกระโดดด้วยความสามารถสูงสุด 1 ครั้ง นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบวัดซ้ำ เปรียบเทียบ 6 แบบ โดยถ้าพบความแตกต่างจึงเปรียบเทียบรายคู่โดยวิธีการของแอลเอสดีและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังการทดลองโดยการทดสอบค่าที (t-test) แบบไม่เป็นอิสระต่อกันโดยทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการทดลองพบว่า ท่าฝึกที่ต่างกันไม่มีผลทำให้ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดแตกต่างกัน และช่วงระยะเวลาในการกระตุ้นที่แตกต่างกันไม่มีผลทำให้ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดแตกต่างกัน แต่ท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 135 องศา และช่วงระยะเวลาในการกระตุ้น 45 วินาที ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การกีฬา ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2557 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

5678335139 : MAJOR SPORTS SCIENCE
KEYWORDS: WHOLE-BODY VIBRATION / STATIC HALF SQUAT / STATIC QUARTER SQUAT

SALISA YUNUCH: ACUTE EFFECTS OF WHOLE-BODY VIBRATION USING DIFFERENT POSITIONS AND DURATIONS ON MUSCULAR POWER. ADVISOR: ASST. PROF. CHANINCHAI INTIRAPORN, Ph.D.{, 109 pp.

The purpose of this research was to study and compare the acute effect of Whole-body vibration when using different positions and durations on muscular power. Twelve female athletes and softball players 18-22 years old, from Chulalongkorn University performed 6 Whole-body vibration treatments in a counter-balance order. Treatment 1-3: Performing static half squat, Treatment 1 the vibrations duration was 15 seconds, Treatment 2: the vibrations duration was 30 seconds, Treatment 3: the vibrations duration was 45 seconds, Treatment 4-6: Performing static quarter squat, Treatment 4 the vibrations duration was 15 seconds, Treatment 5: the vibrations duration was 30 seconds, Treatment 6: the vibrations duration was 45 seconds, and all treatments performed for six weeks. The frequency of vibrations was set at 45 Hz with, the amplitude at 4 mm. The muscular power was assessed during pretest and posttest vibration treatment. The data were analyzed using Two-Way ANOVA folowed by LSD method and compare between before and after each vibration treatment with Paired-Sample t-test

The result showed that the muscular power were unaffected either by body positions or vibration durations. Nevertheless, there was a trend for an increase in muscular power during static quarter squat when vibration duration was increased.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study: Sports Science Student's Signature .....

Academic Year: 2014 Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่สละเวลาและให้ความช่วยเหลืออย่างเต็มที่ในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ตลอดจนประธานและกรรมการสอบทุกท่าน

ขอขอบพระคุณคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในการอนุญาตให้ใช้ห้องปฏิบัติการและเครื่องมือในการทำวิจัย ตลอดจนเจ้าหน้าที่ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน กลุ่มตัวอย่างทุกท่านที่ให้ความร่วมมือและความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดีมาตลอด

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้การสนับสนุนทุนทรัพย์ในการศึกษา รุ่นพี่และเพื่อนๆคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ช่วยให้คำปรึกษา คุณครู ปัทมา ลี้เทียน และ นายสิปปวิชญ์ เต็มแก้ว ผู้ที่เป็นกำลังใจและเป็นทุก ๆ อย่างที่ผลักดันให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4

1.3 สมมติฐานของการวิจัย 4

1.4 ขอบเขตของการวิจัย 4

1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 5

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

2.1 การสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย 6

2.1.1 เครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย 7

2.1.2 การตอบสนองต่อการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย 10

2.1.2.1 ลักษณะการตอบสนองต่อการสั่นสะเทือนของระบบประสาทส่วนกลาง 10

2.1.2.2 ลักษณะการตอบสนองต่อการสั่นสะเทือนของระบบประสาทส่วนปลาย 10

2.1.3 ตัวแปรที่ใช้ในการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย 12

2.1.3.1 โปรแกรมของเครื่องสั่นสะเทือน 12

2.1.3.2 แบบท่าทางที่ใช้ในการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย 19

2.1.4 ผลของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย 21

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

2.1.4.1 ผลทางสรีรวิทยาของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย 21
2.1.4.2 ผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย 23
2.2 สรีรวิทยาของกล้ามเนื้อ 25
2.2.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการทำหน้าที่ของกล้ามเนื้อ (Factor on Muscle performance) 25
2.2.2 กลไกในการทำงานของกล้ามเนื้อขา 33
2.2.3 พลังกล้ามเนื้อ (Muscular Power) 38
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยเรื่องนี้ 43
2.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย 46
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 47
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 54
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ 72
รายการอ้างอิง 78
ภาคผนวก 79
ภาคผนวก ก ใบรับรองโครงการวิจัย 80
ภาคผนวก ข ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย 82
ภาคผนวก ค หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย 88
ภาคผนวก ง แบบคัดกรองผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย 91
ภาคผนวก จ แบบบันทึกข้อมูลส่วนบุคคล 93
ภาคผนวก ฉ แบบบันทึกผลการทดลองรายบุคคล 95
ภาคผนวก ช แบบกำกับการทดลอง 96
ภาคผนวก ซ รายละเอียดของเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย (Whole-body vibration) 97
ภาคผนวก ฌ ท่าที่ใช้ในการทดสอบและทำการทดลอง 98

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

ภาคผนวก ญ อุปกรณ์เสริมที่ใช้ในการทดสอบและทดลอง 101
ภาคผนวก ฎ รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย 103
ภาคผนวก ฏ ตารางวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิต่อความตรงของเนื้อหาของเครื่องมือวิจัย 104
ภาคผนวก ฐ รูปภาพขณะทำการทดลอง 106
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 109

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 แสดงการกำหนดค่าแอมพลิจูดของเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกายที่มีผลต่อการพัฒนากล้ามเนื้อ 15

ตารางที่ 2 แสดงงานวิจัยที่ทำการศึกษาผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย 24

ตารางที่ 3 แสดงรายละเอียดแบบการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 การทดลอง 49

ตารางที่ 4 แสดงการถ่วงดุลลำดับของการทดลองทั้ง 6 การทดลอง 52

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุ น้ำหนัก และความแข็งแรงสัมพัทธ์ของนักกีฬากรีฑาและนักกีฬาซอฟต์บอลของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเพศหญิง 54

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพลังกล้ามเนื้อสูงสุดก่อนและหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบการทดลอง 55

ตารางที่ 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อสูงสุดก่อนการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบการทดลอง 56

ตารางที่ 8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อสูงสุดหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบการทดลอง 57

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดก่อนและหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบการทดลอง 59

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุดก่อนและหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบการทดลอง 61

ตารางที่ 11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของค่าเฉลี่ยแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุดก่อนการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบการทดลอง 62

ตารางที่ 12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของค่าเฉลี่ยแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุดหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบการทดลอง 63

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุดก่อนและหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบการทดลอง 65

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเร็วสูงสุดของบาร์เบลก่อนและหลังการสั่น 67

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของค่าเฉลี่ยความเร็วสูงสุดของบาร์เบลก่อนการสั่น 68

ตารางที่ 16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของค่าเฉลี่ยความเร็วสูงสุดของบาร์เบลหลังการสั่น 69

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์ความเร็วสูงสุดของบาร์เบลก่อนและหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบการทดลอง 71

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

ภาพที่ 1 แสดงการสั่นสะเทือนแบบทางอ้อม 7

ภาพที่ 2 แสดงการถ่ายโอนพลังงานของเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกายผ่านสู่ร่างกาย 8

ภาพที่ 3 แสดงการสั่นสะเทือนแบบ Sinusoidal 9

ภาพที่ 4 แสดงลักษณะการตอบสนองของระบบประสาทส่วนปลายที่เกิดขึ้นจากการสั่นสะเทือน ... 11

ภาพที่ 5 แสดงรูปแบบการถ่ายโอนพลังงานแบบ Side - alternating และ Synchronize 18

ภาพที่ 6 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพลังกล้ามเนื้อสูงสุดจำแนกตามท่าฝึก 58

ภาพที่ 7 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพลังกล้ามเนื้อสูงสุดจำแนกตามช่วงระยะเวลา 58

ภาพที่ 8 แสดงกราฟของค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดก่อนและหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย ทั้ง 6 แบบ 59

ภาพที่ 9 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุดจำแนกตาม ท่าฝึก 64

ภาพที่ 10 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุดจำแนกตาม ช่วงระยะเวลา 64

ภาพที่ 11 แสดงกราฟของค่าแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุดก่อนและหลังการสั่นสะเทือน ทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบ 65

ภาพที่ 12 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเร็วสูงสุดของบาร์เบลจำแนกตามท่าฝึก 70

ภาพที่ 13 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเร็วสูงสุดของบาร์เบลจำแนกตาม ช่วงระยะเวลา 70

ภาพที่ 14 แสดงกราฟของค่าแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุดก่อนและหลังการสั่นสะเทือน ทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบ 71

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า มีผู้ทำการศึกษาวิจัยได้นำเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย (WHOLE-BODY VIBRATION) มาใช้ในการเพิ่มพลังกล้ามเนื้อขาอย่างแพร่หลาย อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยยังมีข้อสรุปไม่แน่ชัด ทั้งนี้เนื่องจากมีการกำหนดค่าตัวโปรแกรมและตัวแปรตลอดจนแบบท่าทางที่ใช้ในการสั่นสะเทือนแตกต่างกันไป อาทิเช่น

Bosco et al. (1999) ได้ทำการศึกษาผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายต่อพลังกล้ามเนื้อขา โดยศึกษากับนักกีฬาวอลเลย์บอลเยาวชนหญิง พบว่า มีการเพิ่มขึ้นของพลังกล้ามเนื้อขา สอดคล้องกับการศึกษาของ Bosco et al. (2000) ที่พบว่า ผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายนั้น มีผลทำให้พลังกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้น และความสามารถในการกระโดดของท่า Vertical jump เพิ่มขึ้นด้วย อีกทั้งการศึกษาของ Cormie et al. (2006) พบว่า ผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายสามารถพัฒนาความสูงในการกระโดดของท่า Counter-movement jump นอกจากนี้ งานวิจัยของ Cochrane et al. (2008) ที่ศึกษาอัตราของอุณหภูมิกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นระหว่างออกกำลังกายด้วยการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายแบบฉับพลัน พบว่า การสั่นสะเทือนทั้งร่างกายสามารถเพิ่มอุณหภูมิกล้ามเนื้อได้เร็วกว่าการอบอุ่นร่างกายด้วยการปั่นจักรยาน (Cycle ergometer) ซึ่งเป็นการส่งเสริมพลังกล้ามเนื้อและเหมาะแก่การใช้ในกีฬาที่ต้องการใช้พลังกล้ามเนื้อ

ผลของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายที่เกิดขึ้นดังกล่าวนั้น เป็นผลมาจากการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายจะส่งผลต่อการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ ซึ่งการสั่นสะเทือนสามารถกระตุ้น “Tonic vibration reflex” รีเฟล็กซ์ที่ทำหน้าที่กระตุ้นการหดตัวของกล้ามเนื้อ (Hagbarth & Eklund, 1969) ตลอดจนเพิ่มการระดมมอเตอร์ยูนิตและคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (EMG) โดย Bosco et al. (1999) พบว่า คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นจากการสั่นสะเทือนนั้น จะมากกว่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบเกิดขึ้นเอง จากงานวิจัยที่กล่าวมาเบื้องต้นนี้ อาจสรุปได้ว่าการสั่นสะเทือนสามารถกระตุ้นประสิทธิภาพการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (Cardinale & Bosco, 2003)

ความสามารถในการทำงานของกล้ามเนื้อนั้น กำหนดได้จากการตั้งค่าตัวโปรแกรมของเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกายและตัวแปรที่ใช้ในการสั่น โดยความแรงของคลื่นการสั่นสะเทือนที่ส่งผ่านไปยังกล้ามเนื้อ สามารถกำหนดได้จากการตั้งค่าความถี่ของการสั่น (Frequency) ที่มีหน่วยเป็นเฮิรตซ์ (Hz) ค่าแอมพลิจูด (Amplitude) มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร (mm) และช่วงระยะเวลาของการสั่นสะเทือน (Duration of vibration) ซึ่งค่าความถี่และค่าแอมพลิจูดของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายมีงานวิจัยที่ทำการศึกษามาบ้างแล้ว จากงานวิจัยของ Hazell, Jakobi, and Kenno (2007) พบว่า ค่าความถี่ที่ระดับ 45 เฮิร์ทซ และค่าแอมพลิจูดที่ระดับ 4 มิลลิเมตร เป็นค่าตัวโปรแกรมที่มีแนวโน้มที่สามารถทำให้การสั่นเกิดประสิทธิภาพสูงสุด แต่ยังมีค่าตัวโปรแกรมของเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกายอีกหนึ่งตัว คือ ช่วงระยะเวลาที่ใช้ในการสั่นที่ยังหาข้อสรุปไม่ได้ โดยงานวิจัยของ Cormie et al. (2006) และงานวิจัยอื่น ๆ ที่ใช้ช่วงระยะเวลาในการสั่น 30 วินาที พบว่าสามารถพัฒนาความสูงในการกระโดดของท่า Counter movement jump แต่งานวิจัยของ Bazett-Jones et al. (2008) พบว่า ช่วงระยะเวลาในการสั่น 45 วินาที สามารถเพิ่มความสามารถในการกระโดดได้มากกว่าช่วงระยะเวลา 30 วินาที แต่เป็นเพียงแค่งานวิจัยเดียวเท่านั้น และงานวิจัยล่าสุดของ Despina et al. (2014) พบว่าช่วงระยะเวลา 15 วินาที สามารถเพิ่มความแข็งแรงแบบพลังระเบิดของขาได้ อย่างไรก็ตามยังหาข้อสรุปที่แน่ชัดไม่ได้ว่าช่วงระยะเวลาใดสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้สูงสุด ทั้งนี้ช่วงระยะเวลาที่ใช้นั้นมีความสำคัญมาก เนื่องจากสามารถกำหนดประสิทธิภาพการทำงานของการสั่นสะเทือนที่ส่งผลถึงประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นภายหลังการได้รับการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย หากช่วงระยะเวลาของการสั่นสะเทือนแตกต่างกันก็จะทำให้ผลของการสั่นสะเทือนแตกต่างกันไป โดย Luo, McNamara, and Moran (2005) ได้อธิบายไว้ในงานวิจัยที่ศึกษาว่า ช่วงระยะเวลาของการสั่นสะเทือนนั้น ในช่วงระยะเวลาที่สั้นสามารถกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อได้โดยไม่ทำให้กล้ามเนื้อเกิดการล้า ในขณะที่การใช้ช่วงระยะเวลาของการสั่นสะเทือนที่นานการล้าของกล้ามเนื้อก็จะเพิ่มมากขึ้น

นอกจากค่าตัวแปรในโปรแกรมของเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกายที่กล่าวมาแล้ว พบว่าแบบท่าทางที่ใช้ในการสั่นสะเทือนก็เป็นอีกตัวแปรหนึ่งที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานของกล้ามเนื้อ โดย สุภัทรา ศิลปะบรรเลง และชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2558) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายต่อพลังกล้ามเนื้อขาในขณะกล้ามเนื้อหดตัวแบบอยู่กับที่ในท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา (Static half squat) และการหดตัวของ

กล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ในท่าย่อตัวให้เข่าทำมุม 90 องศา (Dynamic half squat) พบว่า ผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายในขณะกล้ามเนื้อหดตัวอยู่กับที่ในท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของพลังกล้ามเนื้อขา แต่ไม่เห็นผลกับการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ในท่าย่อตัวให้เข่าทำมุม 90 องศา

ท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศานั้น สุภัทรา ศิลปะบรรเลง และชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2558) อธิบายว่า กล้ามเนื้อจะหดตัวแบบไอโซเมทริกตลอดช่วงการสั่น กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps) และกล้ามเนื้อน่อง (Gastocnemius) จะอยู่ในลักษณะที่ยืดยาว กล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Hamstrings) และกลุ่มกล้ามเนื้อที่ใช้กระดกข้อเท้า (Dorsiflexor muscle) จะอยู่ในลักษณะที่หดสั้นตลอดช่วงการสั่น จากงานวิจัยของ Bosco et al. (1998); Cormie et al. (2006) ที่ศึกษาผลของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย และพบว่า พลังกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้นจะกำหนดแบบท่าทางที่ใช้ในการสั่นสะเทือนแบบท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา ซึ่งการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบค้างไว้ (Static) บนเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกายน่าจะเป็นแบบท่าทางที่เหมาะกับการฝึกร่วมกับตัวแปรของเครื่องสั่นเพื่อพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ นอกจากแบบท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศาแล้ว มีแบบการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบค้างอีกมุมหนึ่งที่สำคัญ คือ แบบท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 135 องศา (Static quarter squat) ซึ่งเป็นมุมที่ใช้ในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด กล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังในขณะที่เท้าสัมผัสพื้นจะทำงานแบบความยาวเพิ่มขึ้น แต่กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่เหยียดเข่าจะออกแรงน้อยกว่ามุม 90 องศา อย่างไรก็ตามท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 135 องศา เป็นอีกมุมที่มีประโยชน์กับการกีฬาที่ใช้ในการฝึกเพื่อสร้างพลังของกล้ามเนื้อและพลังอดทนของกล้ามเนื้อ และเป็นแบบท่าฝึกที่ยังไม่ได้รับการศึกษา ทั้งนี้ท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุมต่างกันอาจทำให้การสะสมพลังงานและการระดมมอร์เตอร์ยูนิตในกล้ามเนื้อแตกต่างกัน เนื่องจากลำดับความสำคัญของกล้ามเนื้อต่างกัน ซึ่งอาจทำให้การเพิ่มขึ้นของพลังกล้ามเนื้อภายหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายต่างกันด้วย

จากข้อมูลที่ได้กล่าวข้างต้น แสดงให้เห็นว่าท่าที่ใช้ในการฝึกและช่วงระยะเวลาที่ใช้ในการสั่นมีความสำคัญมากต่อการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ ดังนั้นทำให้ผู้วิจัยสนใจศึกษาผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายโดยใช้ท่าฝึกที่ต่างกันและช่วงระยะเวลาแตกต่างกันที่มีต่อพลังกล้ามเนื้อ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายโดยใช้ท่าฝึกและช่วงระยะเวลาแตกต่างกันที่มีต่อพลังกล้ามเนื้อ

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายระหว่างท่าฝึกและช่วงระยะเวลาแตกต่างกันที่มีต่อพลังกล้ามเนื้อ

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

การสั่นสะเทือนทั้งร่างกายโดยใช้ท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 135 องศา และช่วงระยะเวลาในการกระตุ้นมากขึ้นจะช่วยเพิ่มพลังกล้ามเนื้อได้มากขึ้น

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 กลุ่มทดลองในการวิจัยคือ นักกรีฑาประเภทลู่และนักกีฬาซอฟต์บอลของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศหญิง อายุ 18 - 22 ปี ที่เข้าแข่งขันกีฬามหาวิทยาลัยครั้งที่ 42

1.4.2 งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง

1.4.3 ตัวแปรที่ใช้ในการการศึกษาค้นคว้า

ตัวแปรอิสระ : โปรแกรมการฝึกด้วยเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย ซึ่งมี 2 ตัวแปร คือ ท่าฝึกและช่วงระยะเวลาในการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายที่แตกต่างกัน ได้แก่

1) ทำท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา บนเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย ช่วงระยะเวลา 15 วินาที โดยใช้ความถี่ 45 เฮิรตซ์ แอมพลิจูด 4 มิลลิเมตร

2) ทำท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา บนเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย ช่วงระยะเวลา 30 วินาที โดยใช้ความถี่ 45 เฮิรตซ์ แอมพลิจูด 4 มิลลิเมตร

3) ทำท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา บนเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย ช่วงระยะเวลา 45 วินาที โดยใช้ความถี่ 45 เฮิรตซ์ แอมพลิจูด 4 มิลลิเมตร

4) ทำท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 135 องศา บนเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย ช่วงระยะเวลา 15 วินาที โดยใช้ความถี่ 45 เฮิรตซ์ แอมพลิจูด 4 มิลลิเมตร

5) ทำท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 135 องศา บนเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย ช่วงระยะเวลา 30 วินาที โดยใช้ความถี่ 45 เฮิรตซ์ แอมพลิจูด 4 มิลลิเมตร

6) ทำท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 135 องศา บนเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย ช่วงระยะเวลา 45 วินาที โดยใช้ความถี่ 45 เฮิรตซ์ แอมพลิจูด 4 มิลลิเมตร

ตัวแปรตาม : พลังกล้ามเนื้อ (Muscular power)

1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

การสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย (Whole-body vibration) หมายถึง การทำการสั่นสะเทือนที่ทำให้เกิดพลังงานจากตัวเครื่องสั่น ส่งแรงสั่นสะเทือนผ่านไปยังร่างกายของบุคคล เพื่อให้เกิดการกระตุ้นระบบประสาทและกล้ามเนื้อ

พลังกล้ามเนื้อ (Muscular power) หมายถึง การที่กล้ามเนื้อออกแรงสูงสุดภายในระยะเวลาที่สั้นที่สุด

ท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา (Static half squat) หมายถึง การที่กล้ามเนื้อหดตัวแบบไอโซเมตริก โดยย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา

ท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 135 องศา (Static quarter squat) หมายถึง การที่กล้ามเนื้อหดตัวแบบไอโซเมตริก โดยย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 135 องศา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเรื่องนี้ ศึกษาผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายโดยใช้ท่าฝึกและช่วงระยะเวลาแตกต่างกันต่อพลังกล้ามเนื้อ ผู้วิจัยจึงมีความจำเป็นต้องค้นคว้าเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยมีหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

1. การสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย
2. สรีรวิทยาของกล้ามเนื้อ
   - ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการทำหน้าที่ของกล้ามเนื้อ
   - กลไกในการทำงานของกล้ามเนื้อขา
   - พลังกล้ามเนื้อ
3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย

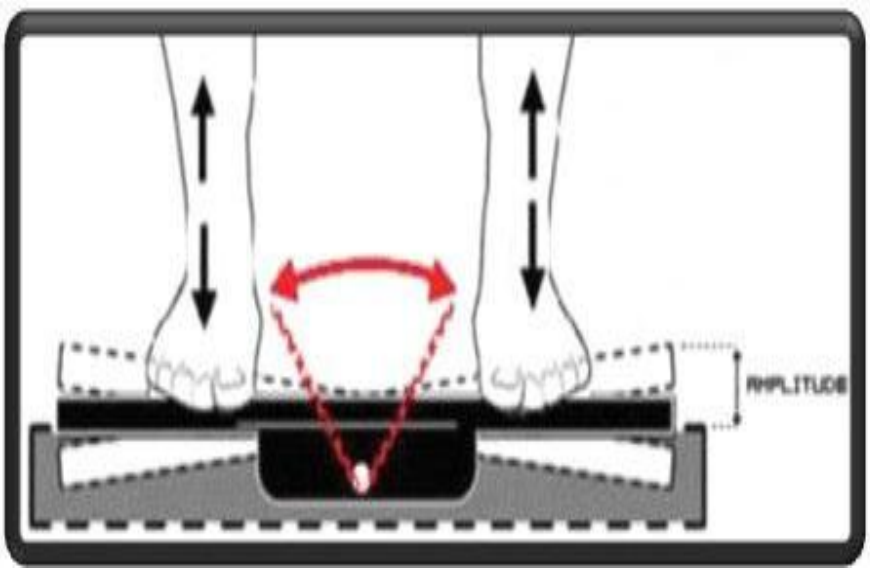
ปัจจุบันการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายได้แทรกเข้ามากับการออกกำลังกาย เป็นรูปแบบการออกกำลังกายทางเลือกหนึ่งที่ได้รับการแนะนำ สำหรับการฟื้นฟูสมรรถภาพ การพัฒนาความอ่อนตัว และการพัฒนากล้ามเนื้อ ซึ่งสามารถใช้ได้กับทั้งผู้ต้องรับการกายภาพบำบัด บุคคลทั่วไปและรวมถึงนักกีฬาอีกด้วย

การสั่นสะเทือนทั้งร่างกายถูกนำมาใช้สำหรับการฝึกนักกีฬาเป็นครั้งแรกโดยนักวิทยาศาสตร์ชาวรัสเซียได้นำเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกายมาใช้ในการฝึกและพบว่า นักกีฬามีความแข็งแรงและความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น (Künnemeyer & Schmidtbleicher, 1997) หลังจากนั้นเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกายก็เป็นที่สนใจของนักวิทยาศาสตร์หลายท่าน Bosco et al. (1998); Issurin and Tenenbaum (1999); Rittweger, Schiessl, and Felsenberg (2001) ซึ่งทำการศึกษาผลของเครื่องสั่นสะเทือนในลักษณะของเครื่องออกกำลังกาย

จากการทบทวนวรรณกรรมการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์ที่กล่าวมานั้น ทำให้ทราบว่าการกระตุ้นระบบประสาทและกล้ามเนื้อด้วยวิธีการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายโดยใช้เครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกายนั้น เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อได้ โดยในหัวข้อต่อไปจะกล่าวถึงเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกายและกลไกการทำงานของเครื่องที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพดังกล่าว

2.1.1 เครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย

เครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกายนั้น เป็นแบบการใช้งานการสั่นสะเทือนแบบทางอ้อม (Indirect vibration) โดยให้การสั่นสะเทือนส่งผ่านจากจุดกำเนิดไปยังกล้ามเนื้อเป้าหมายโดยผ่านส่วนของร่างกายแล้วส่งไปยังบริเวณกล้ามเนื้อที่ต้องการ ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการกระตุ้นกล้ามเนื้อต้นขา ให้บุคคลยืนบนเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย ตัวเครื่องสั่นจะส่งการสั่นไปกระตุ้นกล้ามเนื้อโดยคลื่นของการสั่นที่เกิดขึ้นจากจุดกำเนิด จะถูกส่งผ่านจากแท่นสั่นสะเทือนผ่านไปที่กล้ามเนื้อน่องแล้วส่งผ่านมายังกล้ามเนื้อต้นขา เป็นต้น ซึ่งรูปแบบการสั่นแบบนี้ เรียกว่าการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย (Whole-body vibration)

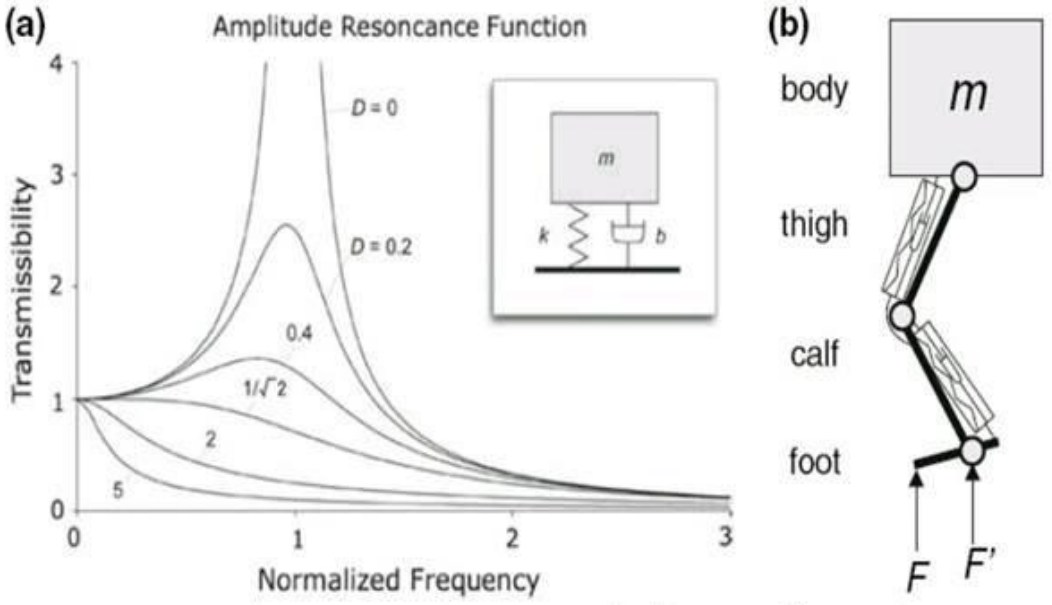


ภาพที่ 1 แสดงการสั่นสะเทือนแบบทางอ้อม (Adams et al., 2009)

การสั่นสะเทือนทั้งร่างกายที่เกิดขึ้นจากการทำงานของตัวเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกายนั้นมีกลไกการทำงานดังจะกล่าวต่อไปนี้

กลไกการทำงานของเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย

การสั่นสะเทือนทั้งร่างกายเป็นกลไกของแรงสั่นสะเทือนที่ทำให้พลังงานเกิดการถ่ายโอนจากตัวเครื่องสั่นไปสู่ร่างกายของบุคคล โดยระบบกล้ามเนื้อและเอ็นกล้ามเนื้อจะทำงานเปรียบเสมือนสปริงที่สามารถเก็บพลังงานและปล่อยพลังงานได้ ซึ่งการสั่นสะเทือนนั้นจะทำให้กล้ามเนื้อเกิดการสะสมพลังงานและถ่ายโอนพลังงานไปทีละส่วนของร่างกาย เริ่มจากเท้าไปสู่น่อง จากน่องไปสู่ต้นขา และต้นขาไปสู่ลำตัว



CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 2 แสดงการถ่ายโอนพลังงานของเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกายผ่านสู่ร่างกาย (Rittweger, 2010)

จากภาพที่ 2 Rittweger (2010) ได้อธิบายตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้

k คือ ค่าความแข็งอ่อนของสปริงที่จะยุบตัวตามสัดส่วนตามน้ำหนักที่กดทับ โดยมีหน่วยเป็น Kg/mm, N/mm หรือ Lbs/in

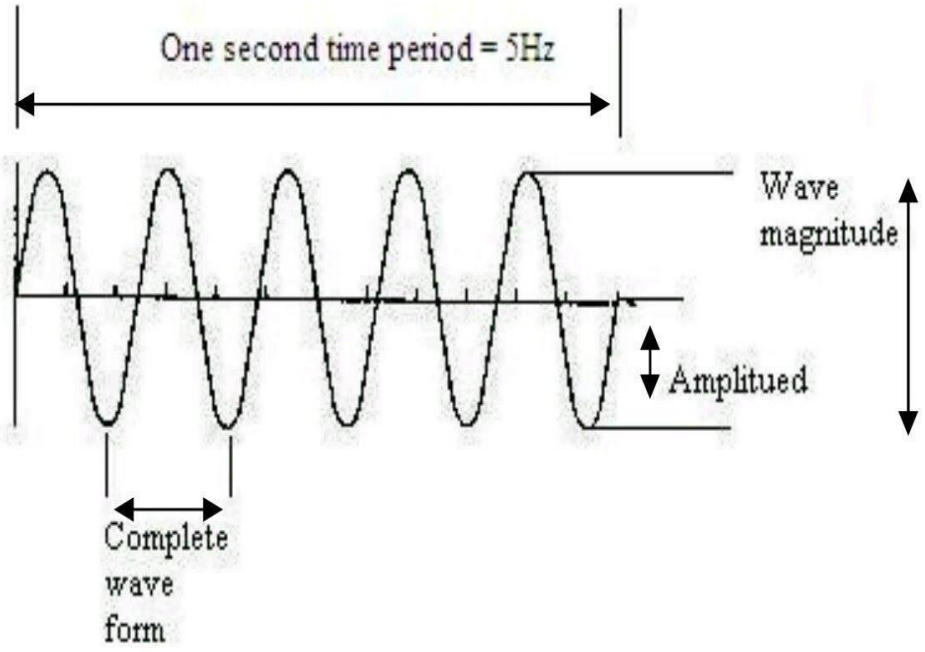
b คือ อุปกรณ์เครื่องจักรกลการสั่นสะเทือนที่ต้านการเคลื่อนไหวผ่านทางแรงเสียดทาน

m คือ มวล (ร่างกาย)

F คือ แรงจากเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย

D คือ ค่าความหน่วง

การสั่นสะเทือนจะมีรูปแบบคลื่น แบบ Sinusoidal เป็นลักษณะการเคลื่อนไหวขึ้นลงอย่างต่อเนื่องในช่วงเวลา ซึ่งประกอบไปด้วย ความถี่ และแอมพลิจูด



ภาพที่ 3 แสดงการสั่นสะเทือนแบบ Sinusoidal (Adams et al., 2009)

จากข้อมูลข้างต้นอาจสรุปได้ว่า เครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกายมีกลไกการทำงานที่ทำให้เกิดพลังงานจากตัวเครื่องส่งผ่านไปยังร่างกายจึงทำให้เกิดการสะสมพลังงานในกล้ามเนื้อ ในหัวข้อต่อไปจะกล่าวถึงการตอบสนองที่เกิดขึ้นของระบบประสาทและกล้ามเนื้อจากกลไกการทำงานของเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.1.2 การตอบสนองต่อการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย

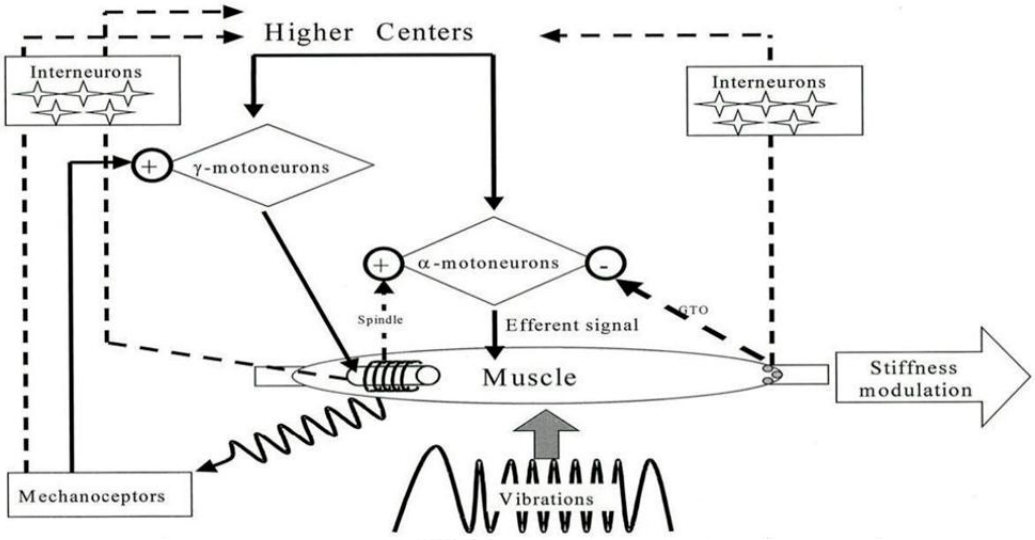
การสั่นสะเทือนทั้งร่างกายที่เกิดขึ้นนั้น จะส่งผลต่อการทำงานของระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทส่วนปลาย โดยระบบประสาททั้งสองระบบนี้ จะมีลักษณะการตอบสนองต่อการกระตุ้นด้วยการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายดังนี้

2.1.2.1 ลักษณะการตอบสนองต่อการสั่นสะเทือนของระบบประสาทส่วนกลาง

เมื่อถูกการกระตุ้นด้วยการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย การสั่นที่เกิดขึ้นจะส่งกระแสประสาทการรับรู้ไปที่ Primary-secondary somatosensory cortex ร่วมกับ Supplementary motor area ทั้งนี้การใช้ความถี่ในการสั่นที่แตกต่างกันจะมีผลให้เกิดการรับรู้การเคลื่อนไหวที่คลาดเคลื่อน ซึ่งจะไปกระตุ้นการทำงานของสมองส่วน Caudal cingulated motor area 4a และ Supplementary motor area ที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว (Cunnington et al., 2002; Naito et al., 2000)

2.1.2.2 ลักษณะการตอบสนองต่อการสั่นสะเทือนของระบบประสาทส่วนปลาย

Cardinale and Bosco (2003) กล่าวว่า การสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของความยาวกล้ามเนื้อและเอ็นกล้ามเนื้ออย่างรวดเร็ว โดยความแปรปรวนที่เกิดขึ้นนั้น จะถูกจับสัญญาณจากตัวรับความรู้สึกซึ่งควบคุมความตึงตัวในกล้ามเนื้อ เมื่อการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายเกิดขึ้น จะกระตุ้นการทำงานของ “Tonic vibration reflex” รีเฟล็กซ์ที่ทำหน้าที่กระตุ้นการหดตัวของกล้ามเนื้อ (Hagbarth & Eklund, 1969 cited in Cardinale & Bosco, 2003) โดยการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อระหว่างการสั่นสะเทือน เป็นผลให้เส้นใยกล้ามเนื้อเกิดการทำงานขึ้น จึงนำไปสู่การกระตุ้นของวงจรรีเฟล็กซ์ ขณะที่ถูกกระตุ้นเกิดการไหลเข้าของกระแสประสาท ซึ่งนำไปสู่การกระตุ้นการทำงานของอัลฟ่ามอร์เตอร์นิวรอน (alpha–motoneurone) และคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (EMG) โดย Bosco et al. (1999) พบว่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นจากการสั่นสะเทือนนั้น จะมากกว่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบเกิดขึ้นเอง (Voluntary contraction) ตลอดจนเพิ่มการระดมมอเตอร์ยูนิตอีกด้วย



ภาพที่ 4 แสดงลักษณะการตอบสนองของระบบประสาทส่วนปลายที่เกิดขึ้นจากการสั่นสะเทือน (Cardinale & Bosco, 2003)

จากภาพที่ 4 อธิบายลักษณะการตอบสนองต่อการสั่นสะเทือนของระบบประสาทส่วนปลายดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายมีผลต่อการกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทส่วนปลาย ซึ่งผลของการตอบสนองของระบบประสาทดังกล่าวส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในการออกแรงและกำลังในการทำงานได้มากขึ้น สอดคล้องกับ Cardinale and Bosco (2003) ที่กล่าวว่า การสั่นสามารถพัฒนาความแข็งแรงและกำลังกล้ามเนื้อ

ทั้งนี้ประสิทธิภาพของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายขึ้นอยู่กับการกำหนดค่าตัวโปรแกรมของเครื่องสั่นสะเทือนและตัวแปรที่ต่างกัน ดังที่ Luo et al. (2005) พบว่า การกำหนดค่าตัวแปรที่ต่างกัน ผลที่ได้ก็จะแตกต่างกัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาค่าตัวโปรแกรมของเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกายและตัวแปรที่ใช้ในการสั่น เพื่อที่จะสามารถกำหนดแบบการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.1.3 ตัวแปรที่ใช้ในการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย

ตัวแปรที่ใช้ในการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายในที่นี้ หมายถึง ตัวโปรแกรมของเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกายซึ่งประกอบด้วย ความถี่ของการสั่น (Frequency) แอมพลิจูด (Amplitude) และช่วงระยะเวลาที่ใช้ในการสั่น (Duration of vibration) นอกจากตัวโปรแกรมของเครื่องแล้วมีอีกตัวแปรที่เกี่ยวข้องคือ แบบท่าทางที่ใช้ในการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายดังจะกล่าวต่อไปนี้

2.1.3.1 โปรแกรมของเครื่องสั่นสะเทือน

ตัวโปรแกรมที่ใช้ในการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย ได้แก่ ค่าความถี่ของการสั่น (Frequency) ที่มีหน่วยเป็นเฮิร์ทซ (Hz) แอมพลิจูด (Amplitude) มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร (mm) และช่วงระยะเวลาของการสั่นสะเทือน (Duration of vibration) ซึ่งเป็นตัวกำหนดขอบเขตการเคลื่อนไหว โดยค่าความถี่ของการสั่นและค่าแอมพลิจูดของการสั่นที่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพต้องเป็นค่าที่ไม่สูงมากถึงจะไม่เป็นอันตรายสำหรับบุคคลทั้งระบบกล้ามเนื้อและกระดูก จากการทบทวนการศึกษาที่ผ่านมาจะกำหนดค่าความถี่ในช่วง 15 - 60 (Hz) และแอมพลิจูดในช่วง <1 – 10 (mm) ซึ่งมีหลายโปรโตคอลที่สามารถนำมาใช้กับบุคคลได้อย่างปลอดภัย และในปัจจุบันมีการศึกษาช่วงความถี่และแอมพลิจูดที่เหมาะสม มีความปลอดภัย และมีประสิทธิภาพ อีกทั้งสามารถนำมาใช้เพื่อพัฒนาระบบกล้ามเนื้อได้อีกด้วย

ความถี่ (Frequency)

ความถี่ หมายถึง อัตราการเกิดซ้ำของคลื่น วัดตามความถี่ของจำนวนรอบของคลื่นต่อนาที มีหน่วยเป็นเฮิร์ทซ (Hz) (Naito et al. 2000 cited in Cardinale and Bosco 2003) กล่าวว่า การใช้ความถี่ในการสั่นที่แตกต่างกันสามารถสร้างให้เกิดการรับรู้การเคลื่อนไหวที่คลาดเคลื่อน ซึ่งจะไปกระตุ้นการทำงานของสมองส่วน Caudal cingulated motor area 4a และ Supplementary motor area ที่ทำหน้าที่วางแผนและควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว ซึ่งในเวลาต่อมาก็มีผู้สนใจศึกษาเปรียบเทียบผลของความถี่ที่ใช้ในการสั่นสะเทือนที่ต่างกันจากงานวิจัยดังนี้

Cardinale and Lim (2003) ทำการศึกษาเปรียบเทียบความถี่ที่ใช้ในระหว่างการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายต่อคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ของกล้ามเนื้อแวสทัส แลทเทอราลิส โดยใช้ความถี่ 3 ระดับความถี่ ได้แก่ 30 เฮิร์ทซ 40 เฮิร์ทซ และ 50 เฮิร์ทซ พบว่า คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นระหว่างการสั่นสะเทือนมากที่สุดอยู่ที่ระดับความถี่ 30 เฮิร์ทซ โดยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่ความถี่ 30 เฮิร์ทซ กับ 50 เฮิร์ทซ และความถี่ 40 เฮิร์ทซ กับ 50 เฮิร์ทซ แตกต่างกันอย่าง

มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่ความถี่ที่ 30 เฮิร์ทซ กับ 40เฮิร์ทซ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 นอกจากนี้ Cardinale and Lim (2003) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของความถี่ต่อความสามารถในการกระโดดในท่า Counter-movement jump และ Squat jump โดยเปรียบเทียบความถี่ 20 เฮิร์ทซ และ 40 เฮิร์ทซ พบว่า ที่ระดับความถี่ 20 เฮิร์ทซ สามารถเพิ่มความสูงในการกระโดดท่า Squat jump 4 เปอร์เซ็นต์ ตรงกันข้ามกับระดับความถี่ที่ 40 เฮิร์ทซ มีการลดลงของความสูงในการกระโดดทั้งสองท่า อีกทั้งงานวิจัยของ Hazell et al. (2007) ก็ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นจากการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายในกล้ามเนื้อที่หดตัวแบบอยู่กับที่ (Static) และเคลื่อนที่ (Dynamic) ของกล้ามเนื้อแวสทัสแลทเทอราลิส (Vastus lateralis) และไบเซพซ์ ฟีมอริส (Biceps femoris) โดยใช้ความถี่ในการสั่น 5 ระดับความถี่ ได้แก่ 25, 30, 35, 40 และ 45 เฮิรทซ์ แอมพลิจูดของการสั่น 2 และ 4 มิลลิเมตร ช่วงระยะเวลาในการสั่น 45 วินาที พบว่า การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น 0.6 – 6.7 เปอร์เซ็น เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการได้รับการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย และเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในระดับความถี่ที่ 40 เฮิร์ทซ และ 45 เฮิร์ทซ

จากงานวิจัยที่กล่าวมา ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะใช้ความถี่ที่ระดับ 45 เฮิร์ทซ เนื่องจากเป็นความถี่ที่มีการศึกษามาแล้ว และพบว่าสามารถเพิ่มความสามรถในการกระโดดได้ แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่กล่าวมานั้น กำหนดค่าแอมพลิจูดและระยะเวลาที่ใช้แตกต่างกัน ซึ่งค่าแอมพลิจูดและระยะเวลาเป็นหนึ่งในโปรแกรมของเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกายที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของการกระโดดที่เกิดขึ้น ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาเพื่อเลือกค่าที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการกระโดดได้มากสุด

แอมพลิจูด (Amplitude)

Yue and Mester (2002) กล่าวว่า แอมพลิจูด คือระยะทางครึ่งหนึ่งระหว่างจุดสูงสุดกับจุดต่ำสุดของคลื่นที่เกิดจากการสั่น มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร (mm) จากการทบทวนการศึกษาที่ผ่านมา จะกำหนดค่าแอมพลิจูดในช่วง 1 – 10 มิลลิเมตร จากการศึกษาของ Torvinen et al. (2002) ได้กำหนดค่าแอมพลิจูดที่ใช้ในการสั่นร่วมกับท่าการออกกำลังกายเบา ๆ บนเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกายที่ระดับ 1 มิลลิเมตร และ 4 มิลลิเมตร ระยะเวลาที่ใช้ในการสั่น 4 นาที พบว่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อน่องและกล้ามเนื้อต้นขา ค่า Mean power frequency ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อทั้งสองมัดลดลง และค่า EMG root mean square ของกล้ามเนื้อมีการเพิ่มขึ้นตั้งแต่นาทีที่ 1 จนถึงนาทีที่ 4 ที่ระดับแอมพลิจูด 4 มิลลิเมตร ซึ่งหลังจากการสั่น พบว่าเกิดการล้าในกล้ามเนื้อน่อง ส่วนระดับแอมพลิจูดที่ 1 มิลลิเมตร ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าค่าแอมพลิจูดที่มากสามารถกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อระหว่างการสั่นได้ แต่อาจทำให้เกิดการล้าของกล้ามเนื้อ ในขณะเดียวกันค่าแอมพลิจูดที่น้อยก็ไม่สามารถทำให้กล้ามเนื้อเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า ค่าแอมพลิจูดที่จะกำหนดนั้น ต้องมีขนาดที่เพียงพอที่จะกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อ ถึงจะก่อให้เกิดการพัฒนาและเกิดการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ต้องการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 1 แสดงการกำหนดค่าแอมพลิจูดของเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกายที่มีผลต่อการพัฒนากล้ามเนื้อ

ผู้ศึกษา	ความถี่ของการสั่น (เฮิร์ทซ)	แอมพลิจูด (มิลิเมตร)	ช่วงเวลาในการสั่น (วินาที)	ผล
Bosco et al. (1999)	26	4	60	พลังกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้น และความสูงในการกระโดดเพิ่มขึ้น
Torvinen et al. (2002)	25 – 40	1, 4	(4 min)	ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในระดับแอมพลิจูดที่ 1 มิลลิเมตร
Torvinen et al. (2002)	15 - 30	1, 4	(4 min)	ความสามารถในการกระโดด และ IS Extension strength สูงขึ้น * (กล้ามเนื้อน่องเกิดการล้า)
Cardinale and Lim (2003)	30	4	60	คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น
Cormie et al. (2006)	30	2.5	30	ความสามารถในการกระโดดในท่า Counter-movement jump เพิ่มขึ้น
Hazell et al. (2007)	40, 45	2, 4	45	คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ และเคลื่อนที่เพิ่มขึ้น
Bazett-Jones et al. (2008)	40, 50	2 – 4, 4 - 6	45	ความสูงในการกระโดดท่า Counter-movement jump เพิ่มขึ้น
Gerodimos et al. (2010)	15, 20, 30	4, 6, 8	60	ความอ่อนตัวและความสามารถในการกระโดดเพิ่มขึ้น
Wirth et al. (2011)	30	4	40	กล้ามเนื้อหน้าท้องและกล้ามเนื้อหลังเพิ่มขึ้น
สุภัทรา ศิลปบรรเลง และชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2558)	50	2 – 4	45	พลังกล้ามเนื้อสูงสุดเพิ่มขึ้นในท่าฝึกย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 1 ที่แสดงการกำหนดค่าแอมพลิจูดของเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกายที่มีผลต่อการพัฒนากล้ามเนื้อ จะเห็นได้ว่าค่าแอมพลิจูดที่ได้ศึกษามาแล้วนั้น มีทั้งสามารถและไม่สามารถพัฒนากล้ามเนื้อได้ หรือมีผลต่อการพัฒนาแต่ก่อให้เกิดความล้าของกล้ามเนื้อ ทั้งนี้ ผู้วิจัยสนใจศึกษาค่าแอมพลิจูดที่ระดับ 4 มิลลิเมตร เนื่องจากเป็นค่าที่นิยมศึกษากันอย่างแพร่หลาย อีกทั้งพบว่า สามารถเพิ่มความสามารถในการกระโดดได้สูงขึ้น อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่กล่าวมานั้นกำหนดช่วงระยะเวลาที่ใช้แตกต่างกัน การล้าที่เกิดขึ้นหลังการสั่นอาจจะเกี่ยวเนื่องกับช่วงระยะเวลาที่กำหนดใช้ ในหัวข้อถัดไปจะกล่าวถึงช่วงระยะเวลาที่ใช้ในการสั่น

ช่วงระยะเวลาของการสั่นสะเทือน (Duration of vibration)

ช่วงระยะเวลาของการสั่นสะเทือนที่ใช้มีความสำคัญมาก เนื่องจากสามารถกำหนดประสิทธิภาพการทำงานของการสั่นสะเทือนที่ส่งผลถึงประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นภายหลังได้รับการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย หากช่วงระยะเวลาของการสั่นสะเทือนแตกต่างกันก็จะทำให้ผลของการสั่นแตกต่างกันไปด้วย โดย Luo et al. (2005) ได้อธิบายไว้ในงานวิจัยที่ศึกษาว่า ช่วงระยะเวลาของการสั่นสะเทือนนั้น ในช่วงระยะเวลาที่สั้นสามารถกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อได้โดยไม่ทำให้กล้ามเนื้อเกิดการล้า ในขณะที่การใช้ช่วงระยะเวลาของการสั่นสะเทือนที่นาน การล้าของกล้ามเนื้อก็จะเพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับ Adams et al. (2009) ที่พบว่าช่วงระยะเวลาของการสั่นสะเทือนที่มากเกินไปอาจทำให้กล้ามเนื้อเกิดการเมื่อยล้า และอาจลดการระดมมอเตอร์ยูนิต ซึ่งสุภัทรา ศิลปะบรรเลง และชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2558) กล่าวว่า การล้าที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อก่อนการออกกำลังกาย จึงส่งผลให้เกิดการล้าเพิ่มขึ้นหรืออาจเกิดจากกระบวนการยับยั้งทางระบบประสาทที่เกิดขึ้นนั่นเอง ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกช่วงระยะเวลาของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายที่จะใช้ศึกษาครั้งนี้ 3 ช่วงระยะเวลาด้วยกัน ได้แก่ ช่วงระยะเวลา 15, 30 และ 45 วินาที จากการศึกษางานวิจัยดังต่อไปนี้

Cormie et al. (2006) ศึกษาผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายต่อการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ ความแข็งแรง และพลัง เพื่อศึกษาผลของการทดสอบครั้งเดียวของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายที่มีต่อความสามารถในการกระโดดในท่า Countermovement jump กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชายอายุ 19 - 23 ปี จำนวน 9 คน ที่เคยผ่านกิจกรรมการฝึกด้วยแรงต้านระดับปานกลางมาก่อน โดยใช้ช่วงระยะเวลาของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย 30 วินาที พบว่าการสั่นสะเทือนมีผลต่อความสามารถในการกระโดดในท่า Countermovement jump อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยความสูงในการกระโดดเพิ่มขึ้น 0.7 เปอรเซ็นต์ ซึ่งเป็นการเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย อย่างไรก็ตามผลของความสามารถในการกระโดดท่า Countermovement jump

ของ Cormie et al. (2006) ได้ยืนยันการศึกษาของ Cochrane and Stannard (2005) ที่ศึกษาผลของการสั่นสะเทือนโดยใช้ช่วงระยะเวลาของการสั่น 30 วินาที และพบว่าความสามารถในการกระโดดในท่า countermovement jump เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ Cormie et al. (2006) ได้กล่าวถึงการศึกษาในอนาคตว่า ช่วงระยะเวลาของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายที่ 45 วินาที น่าจะสามารถเพิ่มความสามารถในการกระโดดได้มากกว่า

Bazett-Jones et al. (2008) ได้ศึกษาผลของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายโดยเปรียบเทียบความเร่งที่ใช้ในการสั่นต่อความสามารถในการกระโดด กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชายและเพศหญิง จำนวน 44 คน ที่ไม่เคยได้รับการฝึกมาก่อน โดยใช้ช่วงระยะเวลาของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายตามความคาดหวัง จากการศึกษาของ Cormie et al. (2006) 45 วินาที พบว่า ความสูงในการกระโดดที่ใช้ช่วงระยะเวลาของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย 45 วินาที เพิ่มขึ้นมากกว่าช่วงระยะเวลาของการสั่น 30 วินาที ที่ใช้ในงานวิจัยของ Cormie et al. (2006) โดยเพิ่มขึ้นในกลุ่มทดลองเพศหญิง ที่ความเร่ง - 2.80g (ความถี่ 40 เฮิร์ทซ แอมพลิจูด 2 - 4 มิลลิเมตร) และ - 5.83g (ความถี่ 50 เฮิร์ทซ แอมพลิจูด 4 - 6 มิลลิเมตร) ซึ่งความสูงในการกระโดดเพิ่มขึ้น 9.0 เปอร์เซ็นต์ และ 8.3 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงความสูงในการกระโดดในเพศชาย

Despina et al. (2014) ศึกษาผลระยะสั้นของการฝึกด้วยการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายที่มีต่อการทรงตัว ความอ่อนตัว และความแข็งแรงแบบพลังระเบิดของขาในนักกีฬายิมนาสติกชั้นยอด กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬายิมนาสติกเพศหญิง อายุ 17 ปี จำนวน 11 คน แบ่งออกเป็นกลุ่มทดลองที่ใช้การสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย กับกลุ่มควบคุมที่ฝึกด้วยแรงต้านแบบไม่มีการสั่น โดยศึกษาการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบ Eccentric squatting และ Concentric squatting โดยแต่ละท่าใช้ช่วงระยะเวลา 15 วินาที โดยการทรงตัวถูกประเมินด้วย Rhythmic weight shift (RWS) ความอ่อนตัวประเมินจาก Sit & reach test และความแข็งแบบพลังระเบิดของขาประเมินโดย Squat jump, Counter movement jump และ Single leg squat ซึ่งจะวัดก่อนเริ่มโปรแกรม หลังจบโปรแกรม และ 15 นาทีหลังสิ้นสุดโปรแกรม ผลการศึกษา พบว่าการสั่นทำให้การทรงตัว ความอ่อนตัว และความแข็งแรงแบบพลังระเบิดของขาหลังจบโปรแกรมและ 15 นาทีหลังสิ้นสุดโปรแกรมมีประสิทธิภาพสูงขึ้น เมื่อเทียบกับการฝึกด้วยแรงต้านแบบไม่มีการสั่น

ดังนั้นจากงานวิจัยดังกล่าว ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ช่วงระยะเวลาของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายในช่วง 15, 30 และ 45 วินาที อย่างไรก็ตาม นอกจากตัวแปรจากตัวโปรแกรมแล้วยังมีอีกตัวแปรหนึ่งที่ได้รับการศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย นั้นก็คือแบบท่าทางในการสั่น โดยทั้งนี้ ถ้าเราหาแบบท่าทางที่สัมพันธ์กับตัวโปรแกรมของเครื่องสั่นที่ส่งผลให้

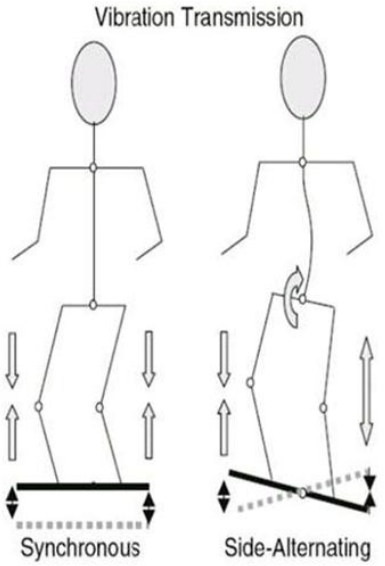
พลังกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น ก็จะนำมาซึ่งแบบโปรแกรมของเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกายที่ใช้เพิ่มพลังสูงสุดได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ทั้งนี้ ก่อนจะกล่าวถึงแบบท่าทางในการสั่น จะอธิบายถึงรูปแบบที่ใช้ในการถ่ายโอนพลังงานจากตัวเครื่องสั่นก่อน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับแบบท่าทางในการสั่น

รูปแบบในการถ่ายโอนพลังงาน

รูปแบบการถ่ายโอนพลังงาน แบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ แบบ Synchronize และแบบ Side - alternating

1. แบบ Synchronize หมายถึง รูปแบบการถ่ายโอนพลังงาน โดยการยืนด้วยขาทั้งสองข้างในแนวเดียวกัน

2. แบบ Side - alternating หมายถึง รูปแบบการถ่ายโอนพลังงาน โดยการยืนด้วยขาทั้งสองข้าง ในลักษณะที่ขาขวาอยู่ต่ำกว่าขาซ้าย การถ่ายโอนพลังงานในรูปแบบ Side - alternating จะกระตุ้นให้เกิดการหมุนของรอบข้อสะโพก และข้อต่อระหว่างกระดูกสะโพกกับกระดูกเชิงกราน ซึ่งทำให้เกิดการเพิ่มขึ้น Degree of freedom ซึ่งค่าความหน่วงของรูปแบบการถ่ายโอนพลังงาน แบบ Side - alternating มีค่าน้อยกว่ารูปแบบการถ่ายโอนพลังงานแบบ Synchronize (Rittweger et al., 2001 cited in Abercromby et al., 2007)



ภาพที่ 5 แสดงรูปแบบการถ่ายโอนพลังงานแบบ Side - alternating และ Synchronize (Rittweger, 2010)

จากข้อมูลดังกล่าว ผู้วิจัยสนใจศึกษาการถ่ายโอนพลังงานจากเครื่องไปสู่ร่างกายตามรูปแบบการถ่ายโอนพลังงานแบบ Synchronize ซึ่งเป็นรูปแบบการยืนด้วยขาทั้งสองข้างในแนวเดียวกัน ร่วมกับแบบท่าทางในการสั่นสะเทือนที่จะศึกษาต่อไป

2.1.3.2 แบบท่าทางที่ใช้ในการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย

แบบท่าทางในการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายที่กล่าวนี้ หมายถึง แบบการหดตัวของกล้ามเนื้อในระหว่างการสั่น ได้แก่ การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ และแบบการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ โดยแบบการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ กล้ามเนื้อจะหดตัวแบบไอโซเมตริกตลอดช่วงการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย และแบบการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่กล้ามเนื้อจะหดตัวแบบเอคเซ็นตริกสลับกับคอนเซ็นตริก โดยกล้ามเนื้อจะหดสลับกันระหว่างการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย สุภัทรา ศิลปะบรรเลง และชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2558)

สุภัทรา ศิลปะบรรเลง และชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2558) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายต่อพลังกล้ามเนื้อขาในขณะกล้ามเนื้อหดตัวแบบอยู่กับที่ในท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา และการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ในท่าย่อตัวให้เข่าทำมุม 90 องศา เพื่อหาประสิทธิภาพของแบบท่าทางในการสั่นสะเทือนต่อการเพิ่มพลังกล้ามเนื้อที่มากกว่าจากผลการศึกษา พบว่า ผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายในขณะกล้ามเนื้อหดตัวแบบอยู่กับที่ในท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของพลังกล้ามเนื้อขา แต่ไม่เห็นผลกับการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ในท่าย่อตัวให้เข่าทำมุม 90 องศา

จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า แบบท่าทางในการสั่นทั้งสองแบบมีการทำงานของกล้ามเนื้อต่างกัน ชี้ให้เห็นว่าท่าทางที่ใช้ฝึกนั้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของพลังกล้ามเนื้อ และผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาท่าทางที่ใช้ฝึกแบบการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ในการศึกษาครั้งนี้

ท่าฝึกแบบการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่

ท่าฝึกแบบการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ ที่มีประโยชน์กับการกีฬาที่ใช้ในการฝึกเพื่อสร้างพลังของกล้ามเนื้อและพลังอดทนของกล้ามเนื้อที่จะกล่าวถึงนี้ ได้แก่ ท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา (Static half squat) และท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 135 องศา (Static quarter squat)

ท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา

ท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา เป็นมุมที่ใช้ในการเร่งความเร็ว กล้ามเนื้อจะหดตัวแบบไอโซเมทริกตลอดช่วงการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย โดยมีกล้ามเนื้อที่ทำงานหลัก ๆ คือ กล้ามเนื้อควอดริเซพซ์ ฟีมอรีส (Quadriceps femoris) ซึ่งทำหน้าที่เหยียดเข่า กล้ามเนื้อกลูเทียส แมกซิมัส (Gluteus maximus) ซึ่งทำหน้าที่เหยียดสะโพก ส่วนกล้ามเนื้อที่มีความสำคัญรองลงมา คือ กล้ามเนื้อแกสทรอคนีเมียส (Gastrocnemius) ซึ่งทำหน้าที่เหยียดข้อเท้าจะอยู่ในลักษณะยืดยาว

และกล้ามเนื้อแฮมสทริงส์ (Hamstrings) ทำหน้าที่ช่วยเหยียดสะโพกโดยมีบทบาทเพียงเล็กน้อย จะอยู่ในลักษณะที่หดสั้นตลอดช่วงการสั่น ซึ่งมุมของเข่าในขณะที่เท้าสัมผัสพื้นของท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศานั้น จะแคบกว่าท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 135 องศา (Young & Pryor 2001)

จากงานวิจัยของ Bosco et al. (1998); Cormie et al. (2006); สุภัทรา ศิลปะบรรเลง และชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2558) ที่ศึกษาผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย และพบว่าพลังกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้น ส่วนมากจะกำหนดแบบท่าทางที่ใช้ในการสั่นสะเทือนแบบท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา นอกจากท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา มีอีกมุมหนึ่งที่ยังไม่ได้รับการศึกษา คือ ท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 135 องศา

ท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 135 องศา

ท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 135 องศา เป็นมุมที่ใช้ในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด และเป็นอีกมุมที่มีประโยชน์กับการกีฬาที่ใช้ในการฝึกเพื่อสร้างพลังของกล้ามเนื้อและพลังอดทนของกล้ามเนื้อ ซึ่งท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 135 องศา กล้ามเนื้อจะหดตัวแบบไอโซเมทริกตลอดช่วงการสั่นแบบเดียวกับท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา แต่หน้าที่การทำงานของกล้ามเนื้อหลักจะต่างกัน Young and Pryor (2001) ได้สรุปในงานวิจัยเกี่ยวกับกล้ามเนื้อที่มีความสำคัญมากที่สุดของมุมใช้ในการวิ่งด้วยความเร็ว คือ กล้ามเนื้อแฮมสทริงส์ (Hamstrings) ซึ่งพบว่าในขณะที่เท้าสัมผัสพื้นนั้นจะทำงานแบบความยาวเพิ่มขึ้นเพื่อรองรับน้ำหนักตัว กล้ามเนื้อที่มีความสำคัญรองลงมาคือกล้ามเนื้อกลูเทียส แมกซิมัส (Gluteus maximus) ซึ่งทำหน้าที่เหยียดสะโพก และกล้ามเนื้อแกสทรอคนีเมียส (Gastrocnemius) ซึ่งทำหน้าที่เหยียดข้อเท้า ส่วนกล้ามเนื้อ ควอดริเซพซ์ ฟีมอรีส (Quadriceps femoris) ซึ่งทำหน้าที่เหยียดเข่านั้นกลับมีบทบาทน้อย

ทั้งนี้ ทั้งสองท่าฝึกจะใช้รูปแบบการถ่ายโอนพลังงานจากตัวเครื่องผ่านมายังร่างกายในแบบการยืนด้วยขาทั้งสองข้างในแนวเดียวกันของท่าย่อเข่าค้างไว้ระหว่างการสั่น ซึ่งท่าย่อเข่าค้างไว้ที่มุมต่างกัน อาจทำให้การสะสมพลังงานและการระดมมอร์เตอร์ยูนิตในกล้ามเนื้อแตกต่างกัน ซึ่งอาจทำให้การเพิ่มขึ้นของพลังกล้ามเนื้อภายหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายต่างกันด้วย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจทั้งสองท่าทางดังกล่าวนี้มาใช้เป็นท่าฝึกในการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย อย่างไรก็ตามยังไม่พบงานวิจัยที่ทำการศึกษาเปรียบเทียบการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายต่อพลังกล้ามเนื้อสูงสุดในท่าย่อเข่าค้างไว้ทั้งสองท่าฝึกนี้ ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมานี้ คือตัวแปรของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายที่ผู้วิจัยได้ศึกษาและจะเลือกใช้ในงานวิจัยครั้งนี้

จากข้อมูลที่ได้ศึกษา ทำให้ผู้วิจัยเห็นความสำคัญของช่วงระยะเวลาและท่าฝึกที่ใช้ในการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย ทั้งนี้ การทำงานของกล้ามเนื้อในระหว่างการสั่นสะเทือนโดยใช้ช่วงระยะเวลาที่ต่างกันร่วมกับท่าฝึกที่ต่างกัน อาจทำให้ความสามารถในการทำงานของกล้ามเนื้อแตกต่างกัน ซึ่งอาจทำให้การเพิ่มขึ้นของพลังกล้ามเนื้อภายหลังการสั่นสะเทือนแตกต่างกันด้วย อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบงานวิจัยที่ทำการศึกษาเปรียบเทียบในท่าย่อเข่าค้างไว้ทั้งสองท่าฝึกนี้และช่วงระยะเวลาที่ใช้ในท่าฝึกที่ต่างกันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายต่อพลังกล้ามเนื้อสูงสุด

2.1.4 ผลของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย

จากที่ได้ศึกษาผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย มีหลายการศึกษาพบว่า การสั่นสะเทือนทั้งร่างกายนั้นเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพร่างกายของเราและมีผลดีกับสมรรถภาพทางกายที่สามารถเพิ่มศักยภาพให้กับการกีฬาได้

2.1.4.1 ผลทางสรีรวิทยาของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย

การสั่นสะเทือนทั้งร่างกายมีประโยชน์ต่อสุขภาพร่างกายของเราจากการศึกษาดังนี้ งานวิจัยของ Rittweger et al. (2001); Rittweger et al. (2002) พบว่า การสั่นสะเทือนทั้งร่างกายที่ความถี่ 26 เฮิร์ทซ และแอมพลิจูด 3 มิลลิเมตร ความต้องการออกซิเจน (VO2) ของผู้เข้าร่วมทดสอบเพิ่มขึ้น 4.5 ml.kg-1.min-1 เมื่อเทียบกับผู้เข้าร่วมทดสอบที่ไม่ได้รับการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย ซึ่งเทียบเท่าได้กับการออกกำลังกายด้วยการเดินในระดับปานกลาง สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาของ Rittweger, Beller, and Felsenberg (2000) พบว่า มีการลดลงในระดับของความเหนื่อย (Rate of perceived exertion) อัตราการเต้นหัวใจ และความดันโลหิตภายหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย และการศึกษาของ Bosco et al. (2000); Roelants, Delecluse, and Verschueren (2004) พบว่า การสั่นสะเทือนทั้งร่างกายสามารถเพิ่มการหลั่งฮอร์โมนเทสโทสเทอโรนและโกรทฮอร์โมนได้ในเพศชาย อีกทั้งการศึกษาของ Cochrane et al. (2008) พบว่าอุณหภูมิภายในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นในระหว่างการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย ซึ่งการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิกล้ามเนื้อจากการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายนั้นเพิ่มขึ้นได้เร็วกว่าการปั่นจักรยาน โดยอาจนำมาใช้เป็นทางเลือกในการอบอุ่นร่างกายแทนการปั่นจักรยานได้ และงานวิจัยของ Vargas (2011) กล่าวว่า การสั่นสะเทือนทั้งร่างกายเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการฟื้นฟูอาการบาดเจ็บของผู้ที่มีการบาดเจ็บบริเวณเอ็นไขว้เข่าด้านหน้า นอกจากนี้การศึกษาของ Bosco et al. (2000); Cormie et al. (2006) และ สุภัทรา ศิลปะบรรเลง และชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2558) มีการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อขาภายหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย ทั้งนี้เพื่อให้บรรลุประโยชน์ต่อสุขภาพและสมรรถภาพที่ต้องการ

ควรศึกษาผลการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายจากงานวิจัยก่อน ๆ ที่ผ่านมา เพื่อที่จะระบุวิธีการที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากผลการวิจัยดังกล่าวใช้วิธีการที่แตกต่างกัน

ผลต่อกล้ามเนื้อ

การวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Meyer-Waarden 1985 Cited in Rittweger 2010) กล่าวว่า เป็นเรื่องที่ทำได้ค่อนข้างลำบาก เนื่องจากมีการเคลื่อนไหวเกิดขึ้นจากหลายทางระหว่างการสั่นสะเทือน ซึ่งผลที่ได้อาจเกิดจากคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเทียม (EMG artefacts) รวมถึงการเหนี่ยวนำไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากสายเคเบิลที่กำลังสั่นสะเทือนและ Piezoelectric ร่วมด้วย แต่ต่อมาจากการศึกษาของ Bongiovanni, Hagbarth, and Stjernberg (1990) มีหลักฐานที่ปรากฏชัดเจนว่า กล้ามเนื้อที่ถูกกระตุ้นด้วยการสั้นสะเทือนนั้น มีการปล่อยออกของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและมีการปรับให้มีการกำจัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเทียมออกจากกการวัดครั้งนี้ด้วย โดยในปีต่อ ๆ มามีการศึกษาผลของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายต่อคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อโดย Bosco et al. (1999); Bosco, Cardinale, and Tsarpela (1999); Kerschan-Schindl et al. (2001); Cardinale and Lim (2003); Delecluse, Roelants, and Verschueren (2003) พบว่าประสิทธิภาพของระบบประสาทและกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น โดยการเพิ่มของ Isometric and Isokinetic ในกล้ามเนื้อ Knee extensor และ Forearm flexor ซึ่งเป็นการเพิ่มขึ้นในความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและพลังกล้ามเนื้อ อีกทั้งสามารถเพิ่มได้ทั้งกับกล้ามเนื้อแขนและขา นอกจากนี้ Abercromby et al. (2007) ได้ศึกษาเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อระหว่างการสั่นสะเทือนในรูปแบบ Side-alternating และรูปแบบ Synchronous ซึ่งในการศึกษานี้ ได้มีการเพิ่ม Stop-band filler ขึ้นสำหรับใช้กำจัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเทียมที่อาจเกิดขึ้น ผลที่ได้จะแสดงเฉพาะการหดตัวของกล้ามเนื้อซึ่งไม่ได้มาจากผลของการถูกกระตุ้นโดย Monosynaptic reflexs สอดคล้องกับการศึกษาของ Hagbarth and Eklund (1969) ที่สรุปว่า การสั่นสะเทือนนั้นสามารถเพิ่มการระดมมอเตอร์ยูนิตได้ แต่ในช่วงการหดตัวของกล้ามเนื้อที่ระดับ Submaximal ยังไม่ถึงระดับการหดตัวที่ Maximal เนื่องจากมีหลายกลไกที่แสดงบทบาทในช่วงนั้น ทั้งนี้ความสามารถของกล้ามเนื้อขึ้นอยู่กับแรงการหดตัวที่มากขึ้นในระยะเวลาที่สั้นลง

การสั่นสะเทือนทั้งร่างกายนั้น Bosco et al. (1999); Rittweger et al. (2000); Kerschan-Schindl et al. (2001); Delecluse et al. (2003); Cardinale and Bosco (2003) พบว่าสามารถเพิ่มการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ กระตุ้นการหดตัวของกล้ามเนื้อและการตอบสนอง Proprioceptive โดย Bosco et al. (1999) พบว่าประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อ เช่น ความสูงในการกระโดดท่า Vertical jump ความเร็วเฉลี่ยของ Leg press แรงเฉลี่ย และพลังเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างแตกต่างหลังจากการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย ในขณะเดียวกันบางการศึกษาของ

Torvinen et al. (2002); De Ruiter et al. (2003) ไม่พบการเพิ่มขึ้นในความแข็งแรงของ Knee extensors รวมถึงการเปลี่ยนแปลงในประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อ และความสมดุลของร่างกายภายหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย ทั้งนี้ ผลที่เกิดขึ้นนั้นอาจเกิดจากวิธีการที่แตกต่างกัน

อย่างไรก็ตาม Delecluse et al. (2003) ยกย่องให้การสั่นสะเทือนทั้งร่างกายเป็นเครื่องมือในการฝึกระบบประสาทและกล้ามเนื้อ เนื่องจาก Bosco et al. (1999); Roelants et al. (2004) พบว่าการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระบบประสาทตั้งแต่ครั้งแรกที่เริ่มต้นการฝึกความแข็งแรงภายในกล้ามเนื้อ

ทั้งนี้ การสั่นสะเทือนทั้งร่างกายอาจเป็นทางเลือกในการฝึกด้วยแรงต้านดังที่ การสั่นสะเทือนทั้งร่างกายสามารถกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงของระบบประสาท

2.1.4.2 ผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย

การสั่นสะเทือนทั้งร่างกายนั้น ถูกนำมาศึกษาในแบบผลฉับพลัน โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลทันทีหลังจากการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย หรือเก็บระหว่างภายใน 30 นาที ภายหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายครั้งนั้น (Cardinale & Lim, 2003; Humphries et al., 2004 cited in Adams et al., 2009) ผลฉับพลันที่เพิ่มขึ้นนั้น Bosco et al. (1999); Issurin and Tenenbaum (1999); Bosco et al. (2000); Cardinale and Lim (2003) พบว่า เกี่ยวข้องกับการกระตุ้นระบบประสาทและกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้น

บทความของ Rittweger (2010) ได้อ้างถึงผลการศึกษาต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายต่อแรงกล้ามเนื้อและพลังกล้ามเนื้อไว้ดังนี้ Rittweger (2010) กล่าวว่า การศึกษาผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายนั้นเกิดขึ้นครั้งแรก โดย Bosco et al. (1999) ได้ศึกษาผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายต่อพลังกล้ามเนื้อขา ในนักวอลเลย์บอลหญิง โดยการยืนบนขาข้างเดียว ใช้ระดับความถี่ 26 เฮิรตซ์ และระดับแอมพลิจูด 5 มิลลิเมตร พบว่า มีการเพิ่มขึ้นของพลังกล้ามเนื้อ 6 – 8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผลที่ได้นั้นใกล้เคียงกับการศึกษาของ Bosco et al. (1999) ที่ศึกษาผลฉับพลันของการสั้นสะเทือนทั้งร่างกายต่อพลังกล้ามเนื้อในการงอศอกของนักกีฬามวย การศึกษาของ Issurin and Tenenbaum (1999) ที่ศึกษาผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายต่อพลังกล้ามเนื้อของนักกีฬาอาชีพในหลายประเภทรวมกัน

นอกจากนี้ การศึกษาของ Bosco et al. (2000) พบว่า ผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายนั้น มีผลทำให้พลังกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้น และความสามารถในการกระโดดในท่า Vertical jump เพิ่มขึ้นด้วย สอดคล้องกับการศึกษาของ Cochrane and Stannard (2005) พบว่า ความสูงในการกระโดดในท่า Vertical jump ในนักกีฬาฮ็อกกี้อาชีพเพิ่มขึ้น จากการศึกษาแบบผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย อีกทั้งการศึกษาของ Cormie et al. (2006) พบว่า

ผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายสามารถพัฒนาความสูงในการกระโดดของท่า Counter-movement jump อีกด้วย ในขณะเดียวกันการศึกษาของ Humphries et al. (2004) ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของแรงและการทำงานของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย

ตารางที่ 2 แสดงงานวิจัยที่ทำการศึกษาผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย

ผู้ศึกษา	ความถี่ในการสั่น (เฮิรทซ์)	แอมพลิจูด (มิลิเมตร)	ช่วงเวลาในการสั่น (วินาที)	ผล
Bosco et al. (1999)	26	4	60	พลังกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้น และความสูงในการกระโดดเพิ่มขึ้น
Cardinale and Lim (2003)	30	4	60	เกิดความถี่ในคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อมากที่สุด
Cochrane and Stannard (2005)	26, 30	6	30	ความสูงในการกระโดดท่า counter-movement jump เพิ่มขึ้น
Cormie et al. (2006)	30	2.5	30	ความสามารถในการกระโดดในท่า counter-movement jump เพิ่มขึ้น
Bazett-Jones et al. (2008)	40,45	4	45	ความสามารถในการกระโดดในท่า counter-movement jump เพิ่มขึ้น
Adams et al. (2009)	30, 40, 50	2 – 4, 4 - 6	30, 40, 60	ความสามารถในการเคลื่อนที่เพิ่มขึ้น
Gerodimos et al. (2010)	15, 20, 30	4, 6, 8	60	ความอ่อนตัวและความสามารถในการกระโดดเพิ่มขึ้น
Wirth et al. (2011)	30	4	40	กล้ามเนื้อหน้าท้องและกล้ามเนื้อหลังเพิ่มขึ้น
Despina et al. (2014)	30	2	15	การทรงตัว ความอ่อนตัว และความแข็งแรงแบบพลังระเบิดของขาเพิ่มขึ้น
สุภัทรา ศิลปะบรรเลง และชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2558)	50	2 - 4	45	พลังกล้ามเนื้อสูงสุดเพิ่มขึ้นในท่าฝึกย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา

โดยสรุป จากงานวิจัยข้างต้นที่กล่าวมานั้น ผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายสามารถเพิ่มพลังกล้ามเนื้อได้ Bosco et al. (1999); Issurin and Tenenbaum (1999); Bosco et al. (2000); Cardinale and Lim (2003) ได้ให้เหตุผลการเพิ่มขึ้นของพลังกล้ามเนื้อหลังการสั่นนั้นเกี่ยวข้องกับการกระตุ้นระบบประสาทและกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้น ซึ่งก็ยังมีข้อถกเถียงในบางงานวิจัยที่พบว่าแรงกล้ามเนื้อมีแนวโน้มที่จะลดลง อย่างไรก็ตาม จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของการกระตุ้นมากกว่าการยับยั้ง

2.2 สรีรวิทยาของกล้ามเนื้อ

การที่จะกระตุ้นให้กล้ามเนื้อมีการพัฒนาและเกิดการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ต้องการ จำเป็นต้องทำความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับหน้าที่การทำงานของกล้ามเนื้อ กลไกที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของกล้ามเนื้อ และระบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของกล้ามเนื้อ

2.2.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการทำหน้าที่ของกล้ามเนื้อ (Factor on Muscle performance)

การหดตัวคลายตัวของกล้ามเนื้อเป็นผลทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของร่างกาย การทำงานของกล้ามเนื้อจึงเป็นหัวใจสำคัญในการกำหนดระดับความสามารถในการเคลื่อนไหวของนักกีฬา อย่างไรก็ตาม การทำงานของกล้ามเนื้อให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ แต่ปัจจัยที่ถือว่ามีความสำคัญมากก็คือ ปัจจัยทางด้านการกระตุ้นของระบบประสาท (Neural stimulus) ความสามารถในการตอบสนองของกล้ามเนื้อ (Muscle activation) ต่อสัญญาณประสาท และระดับพลังงานที่มีอยู่ (Energy) ภายในกล้ามเนื้อ ทั้งนี้ระดับการตอบสนองของกล้ามเนื้อจะขึ้นอยู่กับระดับความแรงจากการกระตุ้นของระบบประสาทมากที่สุด (Fleck & Kraemer, 1997)

การส่งสัญญาณประสาทไปยังกล้ามเนื้อ (Nerve Supply to Muscle)

การทำงานของกล้ามเนื้อจะถูกควบคุมโดยระบบประสาทส่วนกลาง (CNS) โดยสัญญาณประสาทจากสมองและไขสันหลังจะถูกส่งผ่านมาตามเซลล์ประสาท (Neuron) ซึ่งโดยปกติกล้ามเนื้อภายในร่างกายจะมีเซลล์ประสาทมาควบคลุม 2 ชนิด คือ

1. ประสาทสั่งการ (Motor nerves) ประสาทสั่งการจะรับสัญญาณประสาทจากระบบประสาทส่วนกลางไปสิ้นสุดที่เส้นใยกล้ามเนื้อ ซึ่งจะเป็นผลให้กล้ามเนื้อหดตัวและคลายตัว

2. ประสาทรับความรู้สึก (Sensory nerves) เป็นประสาทที่รับและถ่ายทอดรายละเอียดเกี่ยวกับความรู้สึกเจ็บปวดและการเปลี่ยนตำแหน่งของร่างกายจากอวัยวะส่วนต่าง ๆ ของร่างกายส่งกลับไปยังระบบส่วนกลาง (Wilmore & Costill, 1994)

หน่วยยนต์ (The Motor unit)

หน่วยยนต์ (The Motor unit) คือ หน่วยของเซลล์ประสาทสั่งการ (Motor neuron) ในไขสันหลังที่เป็นตัวควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อ โดยปลายแอกซอน (Axon) ของเซลล์ประสาทสั่งการแต่ละเซลล์จะแตกแขนงไปควบคุมการทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อกลุ่มหนึ่งหรือจำนวนหนึ่งมากน้อยแตกต่างกัน โดยจำนวนของเส้นใยกล้ามเนื้อต่อหนึ่งเซลล์ประสาทสั่งการที่มาควบคุม หรือในหนึ่งหน่วยยนต์จะขึ้นอยู่กับความต้องการความแม่นยำ หรือความละเอียดในการทำหน้าที่ของเส้นใยกล้ามเนื้อ

ในแต่ละหน่วยยนต์ ปลายของเซลล์ประสาทสั่งการแต่ละเซลล์จะไม่ได้ควบคุมเฉพาะเส้นใยกล้ามเนื้อที่อยู่บริเวณใกล้กัน แต่ปลายของแอกซอนจะแตกแขนงกระจายออกไปควบคุมในแต่ละมัดเส้นใยกล้ามเนื้อ (Microbundles) ฉะนั้น เส้นใยกล้ามเนื้อที่อยู่ติดกันไม่จำเป็นที่จะต้องมีหน่วยยนต์เดียวกัน ทั้งนี้ เป็นเพราะถ้าหนึ่งหน่วยยนต์ไม่มีการกระจายการควบคุมเส้นใยโดยตลอดทุกมัดกล้ามเนื้อ เมื่อมีสัญญาณประสาทส่งมาจะทำให้กล้ามเนื้อมีการทำงานเพียงบางส่วนมากกว่าที่จะมีการทำงานตลอดทุกมัดเส้นใยกล้ามเนื้อ ตรงกันข้ามถ้ามีการกระจายการควบคุมเมื่อมีสัญญาณประสาทส่งมายังกล้ามเนื้อจะทำให้กล้ามเนื้อในหน่วยยนต์นั้น ๆ เกิดการหดตัวพร้อมกันทั้งกลุ่มและการสร้างแรงของกล้ามเนื้อเกิดขึ้นจากเส้นใยกล้ามเนื้อทุกเส้นใย อันเป็นผลให้กล้ามเนื้อหดตัวได้แรงมากขึ้น (Bompa & Cornacchia, 1998)

ชนิดของหน่วยยนต์ (Type of Motor units)

ชนิดของหน่วยยนต์ก็จะมีการเรียกเหมือนกับชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ คือ

1. ชนิดที่ 1 (Type I) เป็นหน่วยยนต์ที่ควบคุมเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้า (Slow-twitch) จะส่งสัญญาณที่มีความถี่ต่ำประมาณ 10-20 ครั้งต่อนาที มีเซลล์ขนาดเล็ก มีจุดเกิดสัญญาณประสาท (Threshold) ต่ำ จึงถูกกระตุ้นได้ง่าย ดังนั้น เมื่อเริ่มมีการทำงานที่ระดับความหนักต่ำ ๆ หน่วยยนต์ชนิดที่ 1 จะถูกกระตุ้นให้มีการทำงานก่อน

2. ชนิดที่ 2 (Type II) เป็นหน่วยยนต์ที่ควบคุมเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็ว (Fast-twitch) จะส่งสัญญาณที่มีความถี่สูงประมาณ 30-60 ครั้งต่อวินาที มีเซลล์ขนาดใหญ่ มีความเร็วในการนำสัญญาณประสาทเร็วกว่าชนิดที่ 1 แต่มีจุดเกิดสัญญาณประสาท (Threshold) สูง จึงถูกกระตุ้นได้ยากกว่าชนิดที่ 1 (สนธยา สีละมาด, 2555)

การทำงานของหน่วยยนต์ (Motor unit Activation)

เมื่อประสาทสั่งการ (Motor nerves) มีการกระตุ้นสัญญาณประสาทจะถูกส่งไปยังเส้นใยกล้ามเนื้อและเกิดการหดตัวของกล้ามเนื้ออย่างสมบูรณ์ ทั้งนี้เป็นไปตามกฎ

All-or-Non Law กล่าวคือ ไม่ว่าสัญญาณอ่อนหรือแรงถ้าสามารถกระตุ้นหน่วยยนต์ได้ เส้นใยกล้ามเนื้อที่อยู่ภายใต้การควบคุมจะมีการหดตัวอย่างสมบูรณ์ อย่างไรก็ตาม ในการหดตัวของกล้ามเนื้อครั้งหนึ่งจะไม่ได้หมายความว่าเส้นใยกล้ามเนื้อที่อยู่ภายใต้การควบคุมทุกเส้นใยจะมีการหดตัว จะมีเพียงเส้นใยกล้ามเนื้อที่อยู่ในหน่วยยนต์ที่ถูกระดมเท่านั้นที่มีการหดตัวขณะที่เส้นใยกล้ามเนื้อของหน่วยยนต์ที่ไม่ถูกระดมจะอยู่ในสภาวะพัก นอกจากนี้ สำหรับบุคคลทั่วไปในการระดมของหน่วยยนต์ครั้งหนึ่งจะมีเส้นใยกล้ามเนื้อเพียง 70% เท่านั้นที่มีการหดตัว แต่สำหรับบุคคลที่ได้รับการฝึกมาเป็นอย่างดีจะมีเส้นใยกล้ามเนื้อมากถึง 95% ที่ถูกระดมให้มีการหดตัว ทั้งนี้ การระดมหน่วยยนต์จะขึ้นอยู่กับระดับความหนักในการทำงานของกล้ามเนื้อและมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการสร้างแรงของกล้ามเนื้อ กล่าวคือ ถ้ามีระดับความหนักต่ำจะมีการระดมหน่วยยนต์เพียงเล็กน้อยและกล้ามเนื้อมีการใช้แรงน้อย ตรงกันข้าม ถ้ามีระดับความหนักสูงจะมีการระดมหน่วยยนต์ทั้งหมดหรือเกือบทั้งหมด และกล้ามเนื้อมีการสร้างแรงสูงสุด เมื่อจำนวนหน่วยยนต์ถูกระดมมากขึ้น การสร้างแรงของกล้ามเนื้อก็จะเพิ่มขึ้นด้วย การร่วมกันหดตัวของจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น (Patten et al., 1995; Rushall, 1989) อย่างไรก็ตาม สนธยา สีละมาด (2555) กล่าวว่า การสร้างแรงจะขึ้นอยู่กับจำนวนของเส้นใยกล้ามเนื้อที่อยู่ภายใต้การควบคุมของหน่วยยนต์ด้วยเช่นกัน ซึ่งจำนวนของเส้นใยกล้ามเนื้อจะมีความแตกต่างกันระหว่าง 20-700 เส้นใย หน่วยยนต์ที่ประกอบด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อในจำนวนที่มากกว่า ความสามารถในการสร้างแรงจะสูงกว่า ในร่างกายมนุษย์จำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อต่อหน่วยยนต์จะถูกกำหนดโดยปัจจัยทางด้านพันธุกรรม ด้วยเหตุนี้ จึงทำให้นักกีฬาบางคนสามารถเพิ่มขนาดกล้ามเนื้อและความแข็งแรงได้ง่ายกว่านักกีฬาบางคนที่อาจต้องใช้ความพยายามอย่างมากในการที่จะเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อให้สูงขึ้น

ลำดับการระดมหน่วยยนต์ (Order of Recruitment of motor unit)

การทำงานของหน่วยยนต์จะมีความสัมพันธ์กับการทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อ เมื่อเริ่มต้นการทำงานหน่วยยนต์ชนิดที่ 1 จะถูกระดมมาใช้งานก่อนและเมื่อทำงานหนักขึ้นหน่วยยนต์ชนิดที่ 2 (Type IIa) จะถูกระดมมาช่วยเหลือการทำงานของหน่วยยนต์ที่ 1 และเมื่อการทำงานหนักขึ้นหรือกระตุ้นถึงจุดกำเนิดสัญญาณประสาท (Threshold) ของหน่วยยนต์ชนิดที่ 2b (Type IIb) หน่วยยนต์และเส้นใยกล้ามเนื้อที่อยู่ภายใต้การควบคุมจึงถูกระดมมาใช้งาน และด้วยเหตุที่หน่วยยนต์ชนิดที่ 2b เป็นหน่วยยนต์ที่ถูกกระตุ้นได้ยากที่สุด การพัฒนาเส้นใยกล้ามเนื้อที่อยู่ภายใต้การควบคุมจึงต้องใช้การฝึกซ้อมด้วยความหนักสูงเท่านั้นถึงจะทำให้เกิดการพัฒนาของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Bompa & Cornacchia, 1998)

ความถี่ของการกระตุ้น (Impulse frequency)

การที่กล้ามเนื้อจะสร้างแรงสูงสุดได้จำเป็นที่ระบบประสาทจะต้องกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยสัญญาณที่มีความถี่สูงด้วยเช่นกัน กล้ามเนื้อจะสร้างแรงได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความแรงและความถี่ของสัญญาณประสาทเป็นสำคัญ ความถี่และความแรงของสัญญาณประสาทจะเป็นตัวกำหนดชนิดของหน่วยยนต์ และเมื่อสัญญาณประสาทมากระตุ้นหน่วยยนต์ หน่วยยนต์จะตอบสนองโดยการเกิดแรงกระตุ้น (Twitch) และตามด้วยการผ่อนคลายตัว และเป็นผลให้กล้ามเนื้อมีการหดตัวและคลายตัว ถ้าสัญญาณประสาทครั้งที่สองตามมาถึงหน่วยยนต์ก่อนที่สัญญาณครั้งแรกจะมีการผ่อนคลายตัวจะก่อให้เกิดการรวมกันของแรงกระตุ้นทั้งสองครั้ง (Two twitch) หรือรวมแรงเข้าด้วยกัน (Summation) และก่อให้เกิดสัญญาณประสาทที่แรงกว่าการเกิดแรงกระตุ้นครั้งเดียว (Single twitch) ทั้งนี้ การรวมแรงเข้าด้วยกันของหน่วยยนต์จะขึ้นอยู่กับความหนักที่กำหนดกล้ามเนื้อขณะความหนักสูงสุดเส้นใยกล้ามเนื้อทั้งหมดจะทำงานประสานสัมพันธ์กันเป็นหนึ่งเดียว (Synchronization) นำไปสู่การสร้างแรงสูงสุด ขณะที่ความหนักปานกลาง บางหน่วยยนต์เท่านั้นที่มีการกระตุ้นสองครั้งขณะที่หน่วยยนต์อื่นจะมีการผ่อนคลายและนำไปสู่การสร้างแรงปานกลาง สิ่งนี้จึงเป็นเหตุผลที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ว่าทำไมความหนักในการฝึกซ้อมที่สูงกว่าจะนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงสูงสุด (Maximum strength) ได้สูงกว่าการใช้ความหนักในการฝึกซ้อมที่ต่ำกว่า (Bompa & Cornacchia, 1998)

ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscle fiber types)

จากการศึกษา แม้ว่าเส้นใยกล้ามเนื้อลายจะมีโครงสร้างคล้ายกัน แต่ก็ไม่ได้เหมือนกันเสียทีเดียวบางเส้นใยจะมีความสามารถต่างไปจากเส้นใยอื่น ๆ มีอัตราความเร็วในการหดตัวแตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับความสามารถในการสลายเอทีพี (Split ATP) ของเส้นใยกล้ามเนื้อ เส้นใยที่หดตัวได้เร็วกว่าจะมีความสามารถในการสลายเอทีพีสูงกว่า นอกจากนี้ เส้นใยกล้ามเนื้อยังมีความแตกต่างกันของกระบวนการเผาผลาญอาหาร (Metabolic) ที่ใช้ในการผลิตเอทีพีและการเกิดความเมื่อยล้า (Fatigue) แม้ว่าทุกเส้นใยกล้ามเนื้อจะสามารถทำหน้าที่ได้ทั้งภายใต้สภาพการเผาผลาญอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic) และให้ออกซิเจน (Aerobic) แต่บางเส้นใยจะทำงานได้ดีกว่าเมื่ออยู่ภายใต้สภาพการเผาผลาญอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจนและบางเส้นใยจะทำงานได้ดีกว่าเมื่ออยู่ภายใต้สภาพการเผาผลาญอาหารแบบใช้ออกซิเจน ซึ่งจากความแตกต่างกันของลักษณะทางโครงสร้างและหน้าที่ เราจึงสามารถจำแนกชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อได้ดังนี้ คือ เส้นใยกล้ามเนื้อที่ใช้ออกซิเจนในการผลิตพลังงานสำหรับการหดตัวจะเป็นแอโรบิก ชนิดที่ 1 (Type I) ชนิดเส้นใยสีแดง หรือเส้นใยชนิดหดตัวช้า (Slow-twitch) และเส้นใยที่ไม่ใช้ออกซิเจนในการผลิตพลังงาน

สำหรับการหดตัวจะเป็นแอโรบิก ชนิดที่ 2 (Type II) ชนิดเส้นใยสีขาว หรือเส้นใยชนิดหดตัวเร็ว (Fast-twitch) (Foss & Keteyian, 1998)

1. เส้นใยชนิดหดตัวช้า (Type I)

เป็นเส้นใยกล้ามเนื้อที่มีขนาดเล็กมีสีแดงเข้มเนื่องจากมีหลอดเลือดมาเลี้ยงจำนวนมาก มีปริมาณไมโทคอนเดรียจำนวนมากจึงมีความสามารถสูงในการเปลี่ยนพลังงานเคมีที่มีอยู่ในเซลล์กล้ามเนื้อให้กลายเป็นเอทีพี โดยอาศัยกระบวนการเผาผลาญอาหารแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic metabolism) ซึ่งจะสามารถผลิตพลังงานได้จำนวนมากและเกิดของเสียจากกระบวนการน้อย จึงมีความสามารถในการทำงานได้ระยะเวลานาน แต่มีอัตราความเร็วในการสลายเอทีพีต่ำจึงทำให้หดตัวได้ช้า และด้วยขนาดที่เล็กกว่า และมีหลอดเลือดฝอยมาเลี้ยงมากจึงทำให้สามารถขนส่งออกซิเจนและสามารถเคลื่อนย้ายของเสียออกจากเส้นใยกล้ามเนื้อได้มาก จึงชะลอการเกิดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ

2. เส้นใยชนิดหดตัวเร็วเอ (Type IIa)

เป็นเส้นใยกล้ามเนื้อที่สามารถหดตัวได้อย่างรวดเร็วและยาวนาน เนื่องจากมีคุณลักษณะบางอย่างเหมือนเส้นใยชนิดหดตัวเร็ว เช่น มีหน่วยยนต์และเส้นใยกล้ามเนื้อขนาดใหญ่ มีสารฟอสเฟตและไกลโคเจนจำนวนมาก และมีคุณสมบัติบางอย่างเหมือนเส้นใยชนิดหดตัวช้า เช่น มีปริมาณไมโทคอนเดรียและหลอดเลือดแดงจำนวนมาก มีปริมาณไมโอโกลบินสูง มีสีแดง มีความสามารถสูงในการผลิตเอทีพีโดยอาศัยกระบวนการเผาผลาญอาหารแบบใช้ออกซิเจน และสามารถสลายเอทีพี อย่างรวดเร็ว จึงมีอัตราความเร็วในการหดตัวและทนทานต่อความเมื่อยล้า แต่พบได้น้อยในร่างกายมนุษย์

3. เส้นใยชนิดหดตัวเร็วบี (Type IIb)

เป็นเส้นใยกล้ามเนื้อที่มีขนาดใหญ่สามารถหดตัวได้เร็วที่สุด มีหลอดเลือดมาเลี้ยงจำนวนน้อยจึงมีสีซีด และมีปริมาณไมโทคอนเดรียและไมโอโกลบินจำนวนน้อย แต่มีปริมาณไกลโคเจนสูง มีความสามารถในการผลิตเอทีพีโดยอาศัยกระบวนการเผาผลาญอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic metabolism) มีความสามารถในการสลายเอทีพี จึงทำให้หดตัวได้อย่างรวดเร็ว แต่สามารถผลิตพลังงานได้จำนวนน้อย จึงไม่สามารถผลิตเอทีพีได้อย่างเพียงพอที่จะทำให้กล้ามเนื้อหดตัวได้อย่างต่อเนื่อง และในการผลิตเอทีพีจะก่อให้เกิดของเสียจึงเกิดความเมื่อยล้าได้ง่าย (Sisco & Little, 1997)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การระดมเส้นใยกล้ามเนื้อให้มีการทำงาน (Muscle fiber recruitment)

ในแต่ละมัดกล้ามเนื้อของร่างกายจะมีเส้นใยกล้ามเนื้อทั้งสามชนิดประกอบอยู่ แต่จะมีในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับการทำงานของกล้ามเนื้อ กล้ามเนื้อที่ต้องมีการหดตัวซ้ำ ๆ จะมีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้าจำนวนมาก ขณะที่กล้ามเนื้อที่ต้องมีการหดตัวอย่างรวดเร็วจะมีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วจำนวนมาก โดยการระดมเส้นใยกล้ามเนื้อให้มีการทำงานจะมีความสัมพันธ์กับประสาทสั่งการที่มาควบคุม คือ เป็นไปตามหลักของขนาด (Size principle) ของหน่วยยนต์ (Patten et al., 1995)

เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้าจะถูกระดมมาใช้ขณะออกกำลังกายที่มีความหนักต่ำ ขณะที่เส้นใยชนิดหดตัวเร็วเอจะถูกระดมมาใช้เมื่อความหนักของการออกกำลังกายสูงขึ้นหรือเมื่อเวลาของการออกกำลังกายเพิ่มขึ้น และเส้นใยชนิดหดตัวเร็วบีจะถูกระดมมาใช้สำหรับการออกกำลังกายที่ต้องออกแรงสูงสุดหรือเมื่อเส้นใยชนิดอื่น ๆ เกิดความเมื่อยล้า กล่าวโดยสรุปคือ เมื่อกล้ามเนื้อเกิดการหดตัวจะเริ่มต้นด้วยการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้าก่อนและตามด้วยชนิดหดตัวเร็วเอ และชนิดหดตัวบี ตามระดับความแรงของสัญญาณประสาทที่มากระตุ้น ความจริงแล้วเส้นใยกล้ามเนื้อจะถูกระดมมาใช้อย่างเป็นลำดับ ซึ่งเป็นความสามารถของสมองในการสั่งการ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วบีมีความยากในการฝึก เพราะเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วบีจะไม่ถูกกระตุ้นจนกระทั่งเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวช้าและเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดหดตัวเร็วเอถูกระดมมาใช้ในการทำงาน (Foss & Keteyian, 1998)

ชนิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ (Types of Muscular contraction)

การทำงานของกล้ามเนื้อจะมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ การหดตัวและคลายตัวเมื่อกล้ามเนื้อถูกกระตุ้นโดยกระแสประสาทจากหน่วยยนต์กล้ามเนื้อจะหดตัวและเมื่อกระแสประสาทหยุดลงกล้ามเนื้อจะคลายตัว การหดตัวของกล้ามเนื้อสามารถแบ่งได้ 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนไหว (ไอโซโทนิก) และการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบอยู่กับที่ (ไอโซเมทริก) ซึ่งการหดตัวในแต่ละชนิดจะสามารถสร้างแรงได้แตกต่างกัน

1. การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบไอโซโทนิก (Isotonic Contraction)

เป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อโดยที่มีการเพิ่มความตึงภายในกล้ามเนื้อระดับหนึ่งเพื่อควบคุมการเคลื่อนไหวของข้อต่อแล้วจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงในความตึงหรือความเครียดของกล้ามเนื้อ หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ เพราะมีระดับความตึงของกล้ามเนื้อมากบ้างน้อยบ้างเป็นสาเหตุให้มุมข้อต่อมีการเปลี่ยนแปลง การหดตัวลักษณะนี้เกิดขึ้นเมื่อกล้ามเนื้อมีการพัฒนาแรงขึ้นขณะหดตัวสั้นเข้าหรือเหยียดยาวออก โดยความตึงในการหดตัวของ

กล้ามเนื้อจะมีความสัมพันธ์กับมุมการเคลื่อนไหว ตัวอย่างเช่น การงอข้อศอก พบว่า ความตึงจะมีค่าสูงสุดที่ประมาณมุม 120 องศา และน้อยที่สุดที่มุมประมาณ 20 องศา

การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบไอโซโทนิกยังสามารถแบ่งออกเป็นการหดตัวแบบคอนเซนทริก (Concentric) และการหดตัวแบบเอกเซนทริก (Eccentric) เนื่องจากการพัฒนาแรงของกล้ามเนื้อมีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าแรงต้านทาน

การหดตัวแบบคอนเซนทริก เป็นการหดตัวสั้นเข้าของกล้ามเนื้อและเกิดขึ้นเมื่อมีการหดตัวสร้างแรง (Force) อย่างเพียงพอในการกระทำต่อแรงต้านทาน เป็นการหดตัวชนิดที่กล้ามเนื้อมีการพัฒนาแรงขึ้นมากกว่าแรงต้านทาน

การหดตัวแบบเอกเซนทริก เป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อขณะที่กล้ามเนื้อมีการยืดยาวออกภายใต้ความตึง เช่น การค่อย ๆ วางน้ำหนักลงสู่พื้น กล้ามเนื้อจะมีความตึงลดลงที่ละน้อยเนื่องจากน้ำหนักหรือแรงต้านทานมากกว่าแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อแต่ไม่ถึงกับกล้ามเนื้อไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวได้ เป็นการหดตัวที่มีการสร้างแรงขึ้นน้อยกว่าแรงต้านทาน แต่การหดตัวแบบเอกเซนทริกนี้จะสามารถสร้างแรงได้มากกว่าการหดตัวแบบไอโซเมทริกและการหดตัวแบบคอนเซนทริก ตามลำดับ

2. การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบไอโซเมทริก (Isometric contraction)

การหดตัวของกล้ามเนื้อลักษณะนี้จะเกิดขึ้นเมื่อกล้ามเนื้อมีการพัฒนาความตึงขึ้นแต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของมุมข้อต่อหรือความยาวของกล้ามเนื้อหรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นการหดเกร็งอยู่กับที่ เป็นการหดตัวที่มีการสร้างแรงขึ้นเท่ากับแรงต้านทาน

ในการเคลื่อนไหวของร่างกาย การหดตัวของกล้ามเนื้ออาจจะมีเพียงชนิดเดียวหรือหลายชนิดร่วมกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะการเคลื่อนไหว อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันการพัฒนาของเครื่องมือการออกกำลังกายได้แสดงให้เห็นการทำงานของกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันออกไป คือ การทำงานแบบไอโซคิเนติก

3. การทำงานแบบไอโซคิเติก (Isokinetics)

ผู้เชี่ยวชาญบางท่านกล่าวว่าไม่จัดเป็นชนิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ เนื่องจากเป็นการใช้เทคนิคที่พิเศษหรือมีความแตกต่างจากชนิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ ไอโซคิเนติกเป็นชนิดของการออกกำลังกายแบบที่มีการเคลื่อนที่ปกติที่ใช้การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบหดสั้นเข้าหรือแบบยืดยาวออกซึ่งความเร็ว (หรืออัตราความเร็ว) ในการเคลื่อนไหวคงที่ และการหดตัวของกล้ามเนื้อ (การหดตัวสูงสุด) เกิดขึ้นตลอดช่วงการเคลื่อนไหว (Range of Motion) ซึ่งอาจพบได้บ้างในกีฬาบางประเภท เช่น กีฬาพายเรือและกีฬาว่ายน้ำ กล้ามเนื้อมีการหดตัวออกแรงต้านกับน้ำซึ่งการหดตัวเกือบมีความเร็วคงที่ตลอดการเคลื่อนไหว อย่างไรก็ตาม การทำงานของกล้ามเนื้อดังกล่าวยังจัดเป็น

การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบไอโซโทนิก การทำงานของกล้ามเนื้อแบบไอโซคิเนติกสามารถเกิดขึ้นได้จากเครื่องออกกำลังกายคินคอม (Kincom) ไซเบ็ก (Cybex) ไบโอเด็ก (Biodex) และลิโด (Lido) เป็นต้น (Fleck & Kraemer, 1997)

ระบบประสาทควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อ

กล้ามเนื้อถูกควบคุมโดยระบบประสาทซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนสำคัญ ได้แก่ (1) ระบบประสาทส่วนกลาง (Central nervous system, CNS) ประกอบด้วยสมองและไขสันหลัง และ (2) ระบบประสาทส่วนปลาย (Peripheral neurons system, PNS) ซึ่งประกอบด้วยใยประสาทและถ่ายทอดกระแสประสาทนำเข้าไป และออกจากระบบประสาทส่วนกลาง ใยประสาทนำเข้า (Afferent or sensory) เป็นใยประสาทที่เป็นส่วนหนึ่งของระบบประสาทส่วนปลาย และนำกระแสประสาทจากตัวรับความรู้สึกภายนอกสู่ในระบบประสาทส่วนกลาง ขณะที่ใยประสาทนำออก (Efferent or motor) หรือสั่งการนำกระแสสั่งการจากระบบประสาทส่วนกลางถึงอวัยวะต่าง ๆ เช่น กล้ามเนื้อลายโดยผ่านระบบประสาททางกาย (Somatic nervous system) ส่วนกล้ามเนื้อเรียบ กล้ามเนื้อหัวใจ และต่อมต่าง ๆ โดยผ่านระบบประสาทอัตโนมัติ (Autonomic nervous system) (ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ และ สิทธา พงษ์พิบูลย์, 2554)

ประสาทและกล้ามเนื้อ

เส้นประสาทที่มาเลี้ยงกล้ามเนื้อนั้นทอดเข้าสู่กล้ามเนื้อร่วมกับเส้นเลือดแดงและอยู่ในชั้นลึก ๆ ของกล้ามเนื้อเพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดแก่เส้นประสาทหรือเส้นเลือด กล้ามเนื้อมัดหนึ่งอาจจะมีเส้นประสาทหลายเส้นมาเลี้ยง เส้นประสาทที่มาสู่กล้ามเนื้อเป็นเส้นประสาทที่ออกมาจากไขสันหลังซึ่งประกอบด้วยใยประสาท (Nerve fiber) 2 ประเภทคือ ใยประสาทสั่งการ (Motor nerve fiber) กับใยประสาทรับความรู้สึก (Sensory nerve fiber)

1. ใยประสาทสั่งการจะสานกันเป็นตาข่ายอยู่ในกล้ามเนื้อแล้วแยกเป็นใยประสาทเส้นหนึ่ง ๆ ไปสู่กล้ามเนื้อกลุ่มหนึ่ง ๆ จนในที่สุดแยกออกเป็นใยประสาทฝอยเส้นเล็กใยหนึ่งไปเลี้ยงใยกล้ามเนื้อใยหนึ่งหรือหลายใยกล้ามเนื้อ ที่ปลายใยประสาทฝอยแต่ละใยมีแผ่นปลายประสาท (Motor end plate) เข้าไปอยู่ในช่องว่างระหว่างชั้นของเซลล์ใยประสาทสั่งการ นำคลื่นประสาท (Nerve impulse) จากระบบประสาทส่วนกลางมาสู่กล้ามเนื้อเพื่อควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อ

2. ใยประสาทรับความรู้สึก จะสานกันเป็นตาข่ายในกล้ามเนื้อเช่นเดียวกัน ใยประสาทชนิดนี้จะแตกแขนงจนเป็นใยที่เล็กที่สุดอยู่ระหว่างใยของกล้ามเนื้อ ที่ปลายใยประสาทนี้จะมีอวัยวะรับความรู้สึกเรียกว่า ใยประสาทกล้ามเนื้อรูปกระสวย (Neuromuscular spindle)

เมื่อเกิดการตึงตัวของใยกล้ามเนื้อหรือเอ็นของกล้ามเนื้อจะเกิดคลื่นประสาทขึ้นที่อวัยวะรับความรู้สึก ซึ่งจะส่งไปตามใยประสาทรับความรู้สึกสู่ระบบประสาทส่วนกลาง

สำหรับตัวรับรู้ตำแหน่งและการเคลื่อนไหวร่างกายในกล้ามเนื้อ (Proprioceptors end organ) เป็นส่วนหนึ่งของประสาทรับความรู้สึกของร่างกายที่มาหล่อเลี้ยงบริเวณเอ็นกล้ามเนื้อ (Tendon) และข้อต่อที่รับความรู้สึกเกี่ยวกับภาวะของร่างกาย แล้วส่งสัญญาณไปยังสมอง ความรู้สึกดังกล่าว เช่น ความตึงตัว (Tension) การยืดตัวของกล้ามเนื้อ ความตึงตัวของเอ็น มุมที่ข้อต่อเคลื่อนไหว แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ Muscle spindle เพื่อตรวจวัดความตึงตัวของกล้ามเนื้อและรักษาการทรงตัว ส่วน Golgi tendon organ ช่วยยับยั้งการทำงานที่น้อยหรือมากเกินไปเพื่อป้องกันอันตรายจากการตึงตัวมากเกินไปในกล้ามเนื้อ (ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ และสิทธา พงษ์พิบูลย์, 2554)

2.2.2 กลไกในการทำงานของกล้ามเนื้อขา

ความเร็วนั้นเป็นคุณสมบัติของนักกีฬาเกือบทุกประเภท ซึ่งเป็นการทำงานประสานกันของระบบประสาทและกล้ามเนื้ออย่างรวดเร็ว การเคลื่อนไหวของร่างกายเป็นพื้นฐานของทุกชนิดกีฬา หลายชนิดกีฬาต้องอาศัยความเร็วในการเคลื่อนที่ด้วยการวิ่ง นักกีฬาที่สามารถวิ่งได้เร็วกว่า มีความสามารถในการเร่งความเร็วมากกว่า ย่อมมีโอกาสเป็นผู้ชนะได้สูงกว่า ดังนั้นการพัฒนาความสามารถในการเร่งความเร็วจึงเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อให้การพัฒนามีประสิทธิภาพสูงสุดต้องอาศัยความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์เข้ามาช่วย

Weineck (1990) ได้อธิบายถึงกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ออกแรงทำให้เกิดการเคลื่อนไหวบริเวณข้อต่อต่าง ๆ ของขา โดยเรียงลำดับจากกล้ามเนื้อมัดที่ออกแรงมากไปกล้ามเนื้อมัดที่ออกแรงน้อยตามลำดับในแต่ละกลุ่มกล้ามเนื้อ ดังต่อไปนี้

กลุ่มกล้ามเนื้องอสะโพก ประกอบด้วย

- กล้ามเนื้อเรคทัส ฟีมอริส (Rectus femoris)
- กล้ามเนื้อกลูเทียส มินิมัส (Gluteus minimus)

กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก

- กล้ามเนื้อกลูเทียสแมกซิมัส (Gluteus maximus)
- กล้ามเนื้อแอ็คคัดเทอะ แมกนัส (Adductor magnus)
- กล้ามเนื้อเซมิเมมเบร โนซัส (Semimembranosus)
- กล้ามเนื้อเซมิเทนดิโนซัส (Semitendinosus)
- กล้ามเนื้อกลูเทียส มีเดียส (Gluteus medius)
- กล้ามเนื้อควอดราทัส ฟีมอรีส (Quadratus femoris)

กลุ่มกล้ามเนื้องอเข่า

- กล้ามเนื้อเซมิเมมเบรโนซัส (Semimembrenosus)
- กล้ามเนื้อไบเซพซ์ ฟีมอริส (Biceps femoris)

กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดเข่า

- กล้ามเนื้อควอไดรเซพซ์ ฟีมอรีส (Quadriceps femoris)
- กล้ามเนื้อเทนเซอะ ฟาสเซีย ลาเท (Tensor fasciae latae)

กลุ่มกล้ามเนื้องอข้อเท้า

- กล้ามเนื้อทิเบียลิส แอนทีเรีย (Gastrocnemius)
- กล้ามเนื้ออิคซ์เทนเซอะ ฮอลลูซิส ลองกัส (Extensor halluces longus)

กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้า

- กล้ามเนื้อแกสทรอคนีเมียส (Gastrocnemius)
- กล้ามเนื้อโซเลียส (Soleus)
- กล้ามเนื้อเฟล็กเซอะ ฮอลลูซีส ลองกัส (Flexor hullucis longus)
- กล้ามเนื้อเฟล็กเซอะ ดิจิทอรัม ลองกัส (Flexor digitorum longus)
- กล้ามเนื้อทีเบียลิส โพสทีเรีย (Tibialis posterior)
- กล้ามเนื้อเพอโรเนียส ลองกัส (Peroneus longus)

Weineck (1990) ได้กล่าวโดยสรุปว่า ผลจากการวิเคราะห์กลุ่มกล้ามเนื้อดังกล่าวนั้นว่า ในกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดสะโพกจะมีกล้ามเนื้อกลูเทียส แมกซิมัส เป็นกล้ามเนื้อมัดหนึ่งที่แข็งแรงที่สุด ซึ่งมีหน้าที่หลักคือ การเหยียดสะโพก ได้แก่ ในขณะที่ยกตัวขึ้นสู่ท่ายืนปกติจากท่าย่อตัว ในขณะวิ่ง และในขณะกระโดด ส่วนในกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดเข่า จะมีกล้ามเนื้อควอดริเซพซ์ ฟีมอรีส เป็นกล้ามเนื้อที่ใหญ่ที่สุดและแข็งแรงที่สุดในร่างกาย หน้าที่หลัก คือ การเหยียดเข่า ซึ่งประกอบด้วย กล้ามเนื้อเรคทัส ฟีมอรีส (Rectus femoris) กล้ามเนื้อแว็สทัส มีดิเอลิส (Vastus medialis) กล้ามเนื้อแว็สทัส แล็ทเทอเรลิส (Vastus lateralis) และกล้ามเนื้อแว็สทัส อินเทอมีเดียส (Vastus intermedius) โดยที่กล้ามเนื้อเรคทัส ฟีมอรีส (Rectus femoris) นั้นประกอบด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่หดตัวได้เร็วเป็นส่วนใหญ่ และนอกจากจะทำหน้าที่เหยียดเข่าแล้วยังทำหน้าที่งอสะโพกอีกด้วย ในกลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้านั้น มีกล้ามเนื้อแกสทรอคนีเมียส (Gastrocnemius) เป็นกล้ามเนื้อที่ประกอบด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วเป็นส่วนใหญ่ มีหน้าที่หลักคือ การเหยียดข้อเท้าเพื่อยกเท้าให้พ้นพื้น ได้แก่ ในขณะวิ่ง และกระโดด

จากข้อสรุปดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ในการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเร่งความเร็วของนักกีฬา จะต้องพัฒนาพลังกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก กล้ามเนื้อเหยียดเข่า และกล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้า ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่ประกอบไปด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นในการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อเหล่านี้ จะต้องใช้การกระตุ้นในระดับที่สามารถระดมเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วมากให้ทำงานได้

กล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องในการฝึก

ในการเคลื่อนที่ด้วยการวิ่ง จะมีท่าทางที่เกี่ยวข้องต่อประสิทธิภาพของการทำงานโดยใช้พลังกล้ามเนื้อ คือ ท่าการเร่งความเร็ว และท่าการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด โดย Young and Pryor (2001) ได้เปรียบเทียบลักษณะระหว่างการเร่งความเร็วกับการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดดังนี้

	การเร่งความเร็ว	**การวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด**
ท่าทางการวิ่ง	เอนตัวไปข้างหน้า	ลำตัวตั้งตรง
ความยาวของช่วงก้าวในการวิ่ง	สั้นกว่า	ยาวกว่า
ความถี่ในการก้าวเท้า	เกือบสูงสุด	สูงสุด
มุมของเข่าในขณะที่เท้าสัมผัสพื้น	แคบกว่า	กว้างกว่า
ช่วงการเคลื่อนไหวของสะโพก	แคบกว่า	กว้างกว่า
ช่วงเวลาที่เท้าสัมผัสพื้น	นานกว่า	สั้นกว่า

จากการเปรียบเทียบลักษณะทางชีวกลศาสตร์ดังกล่าว Young and Pryor (2001) ได้สรุปเกี่ยวกับการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะเร่งความเร็ว และขณะวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด ดังนี้

ในขณะเร่งความเร็ว กล้ามเนื้อที่มีความสำคัญมากสุด ได้แก่ กล้ามเนื้อควอดริเซพซ์ฟีมอริส (Quadriceps femoris) จะมีบทบาทมากในเริ่มแรกของการเร่งความเร็วจากจุดหยุดนิ่ง เพราะมุมของเข่าในขณะสัมผัสพื้นแคบกว่าการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด และจะมีบทบาทน้อยลงเรื่อย ๆ เช่นเดียวกับกล้ามเนื้อกลูเทียส แมกซิมัส (Gluteus maximus) ซึ่งทำหน้าที่เหยียดสะโพกที่ค่อย ๆ ลดบทบาทลงเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ส่วนกล้ามเนื้อที่มีความสำคัญรองลงมา คือ กล้ามเนื้อแกสทรอคนีเมียส (Gastrocnemius) ซึ่งทำหน้าที่เหยียดข้อเท้า และกล้ามเนื้อแฮมสทริงส์ (Hamstrings) ทำหน้าที่ช่วยเหยียดสะโพกโดยมีบทบาทเพียงเล็กน้อย ค่อย ๆ ลดบทบาทลงเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น

ในขณะวิ่งด้วยความเร็วสูงสุด กล้ามเนื้อที่มีความสำคัญมากที่สุด คือ กล้ามเนื้อแฮมสทริงส์ (Hamstrings) ซึ่งพบว่าในขณะที่เท้าสัมผัสพื้นนั้นจะทำงานแบบความยาวเพิ่มขึ้นเพื่อรองรับน้ำหนักตัวแล้วตามด้วยทำงานแบบความยาวลดลงในทันทีเพื่อเหยียดสะโพกไปด้านหลัง

ทำให้เกิดความยาวของช่วงก้าวขึ้น กล้ามเนื้อที่มีความสำคัญรองลงมาคือกล้ามเนื้อกลูเทียส แมกซิมัส (Gluteus maximus) ซึ่งทำหน้าที่เหยียดสะโพก และกล้ามเนื้อแกสทรอคนีเมียส (Gastrocnemius) ซึ่งทำหน้าที่เหยียดข้อเท้า ส่วนกล้ามเนื้อควอดริเซพซ์ ฟีมอรีส (Quadriceps femoris) ซึ่งทำหน้าที่เหยียดเข่านั้นกลับมีบทบาทน้อย

โดยสรุปอาจกล่าวได้ว่า การพัฒนาความสามารถในการเร่งความเร็วต้องให้ความสำคัญกับการพัฒนากล้ามเนื้อเหยียดเข่า โดยเฉพาะกล้ามเนื้อควอดริเซพซ์ ฟีมอรีส (Quadriceps femoris) และกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก โดยเฉพาะกล้ามเนื้อกลูเทียส แมกซิมัส (Gluteus maximus) ส่วนการพัฒนาความสามารถในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดต้องให้ความสำคัญกับการพัฒนากล้ามเนื้อเหยียดสะโพก โดยเฉพาะกล้ามเนื้อแฮมสทริงส์ (Hamstrings)

Allen and Anderson (1996) แนะนำการเลือกท่าฝึกที่ใช้กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดสะโพกและกล้ามเนื้อเหยียดเข่า ได้แก่ ท่าย่อตัว (Squat) และ Bosch and Klomp (2001) กล่าวว่า ท่าทางและวิธีการในการเคลื่อนที่ของร่างกายในขณะเริ่มต้นออกวิ่ง ขณะเร่งความเร็ว และขณะวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดนั้น จะแตกต่างกันโดยสิ้นเชิง ดังนั้นในการฝึกจึงต้องให้ความสำคัญกับท่าทางด้วย

จากข้อมูลที่ได้ศึกษาเบื้องต้น จะเห็นได้ว่าท่าทางนั้นมีความสำคัญระดับหนึ่ง จึงเป็นที่มาในการศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งผู้วิจัยสนใจศึกษาท่าฝึกในท่าย่อตัวร่วมกับมุมที่ใช้ในการเร่งความเร็วและมุมที่ใช้ในการวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดเพื่อพัฒนาพลังกล้ามเนื้อ นั่นคือท่าฝึกท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา (Static half squat) และท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 135 องศา (Static quarter squat) ซึ่งมีกล้ามเนื้อที่ใช้ในการฝึกที่สำคัญ ได้แก่

กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดเข่า

- กล้ามเนื้อควอดริเซพซ์ ฟีมอริส (Quadriceps femoris)

กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก

- กล้ามเนื้อกลูเทียส แมกซิมัส (Gluteus maximus)
- กล้ามเนื้อแฮมสทริงส์ (Hamstrings)

กลุ่มกล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้า

- กล้ามเนื้อแกสทรอคนีเมียส (Gastrocnemius)

การทำงานของกล้ามเนื้อขาในการกระโดด

Umberger (1998) กล่าวว่า การกระโดดนั้น กล้ามเนื้อมัดต่าง ๆ จะทำงานต่อเนื่องกัน เริ่มจากกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก กล้ามเนื้อเหยียดเข่า และกล้ามเนื้อเหยียดข้อเท้าตามลำดับจนกว่าเท้าจะพ้นพื้น ซึ่งกล้ามเนื้อจะหดตัวแบบความยาวลดลง (Concentric contraction) กล้ามเนื้อเรคตัส ฟีมอรีส (Rectus femoris) จะออกแรงเพื่อเหยียดเข่า แต่เนื่องจากเป็นกล้ามเนื้อที่ทอดข้ามสองข้อต่อจึงมีการออกแรงเพื่องอสะโพกในเวลาเดียวกัน กล้ามเนื้อแฮมสตริงส์ (Hamstring) จะออกแรงเพื่อเหยียดสะโพกก็จะมีการออกแรงเพื่องอเข่าในเวลาเดียวกันด้วย การทำงานเช่นนี้เป็นไปในลักษณะของปลายข้างหนึ่งของกล้ามเนื้อมีความยาวเพิ่มขึ้น ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งมีความยาวลดลง เพื่อถ่ายโยงแรงไปยังเข่าได้ ส่วนกล้ามเนื้อแกสตรอคนีเมียส (Gastrocnemius) จะถ่ายแรงข้ามเข่าและข้อเท้าทางด้านหลัง มีหน้าที่เหยียดข้อเท้าในขณะที่เริ่มต้นออกรแรงเพื่อที่จะกระโดดขึ้น ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่ทอดข้ามสองข้อต่อเช่นเดียวกัน ก็จะมีการถ่ายโยงแรงไปยังข้อเท้าด้วย ดังนั้น การทดสอบพลังกล้ามเนื้อในท่ากระโดดนั้นจำเป็นต้องทำการทดสอบให้ใกล้เคียงกับท่าฝึกหรือการนำไปใช้ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ได้ใช้การกระโดดด้วยแรงสูงสุดในการกระโดดจากท่าย่อตัวให้เข่าทำมุม 90 องศา (Half squat jump) เป็นท่าทดสอบพลังกล้ามเนื้อสูงสุด และใช้ท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา และท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 135 องศา เป็นท่าฝึก โดยท่ากระโดดที่ใช้ทดสอบและท่าฝึกทั้ง 2 ท่านี้ ใช้กลุ่มกล้ามเนื้อขาเดียวกันในการทำงาน ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับการทำงานของกล้ามเนื้อขาในการกระโดด

การกระโดดเพื่อหาค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดต้องอาศัยความแข็งแรงและความเร็ว ซึ่งเป็นผลคูณของพลัง ดังจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2.3 พลังกล้ามเนื้อ (Muscular Power)

พลังกล้ามเนื้อเป็นองค์ประกอบทางด้านสมรรถภาพทางกายที่สำคัญด้านหนึ่งในการเคลื่อนไหวของนักกีฬาเกือบทุกประเภท การเคลื่อนไหวทางการกีฬาส่วนใหญ่กล้ามเนื้อจะต้องการพลังเป็นสำคัญ ซึ่งพลังมีองค์ประกอบ คือ แรง (ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ) และความรวดเร็ว ดังที่ Newton and Kraemer (1994) กล่าวว่า พลังกล้ามเนื้อเกิดจากการที่กล้ามเนื้อออกแรงเต็มที่อย่างรวดเร็วที่สุด

ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2547) กล่าวว่า พลัง หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อหรือกลุ่มกล้ามเนื้อที่ออกแรงได้มากที่สุดภายในระยะเวลาสั้นที่สุด

สนธยา สีละมาด (2555) กล่าวว่า พลัง หมายถึง ความสามารถของระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Neuro–Muscular) ในการที่จะก่อให้เกิดแรง (Force) มากที่สุดในเวลาที่สั้นที่สุด หรือการเอาชนะแรงต้านได้ด้วยการหดตัวของกล้ามเนื้ออย่างรวดเร็ว พลังเป็นผลของแรงกล้ามเนื้อ (Muscular Force) และอัตราเร็ว (Velocity) ของการเคลื่อนไหว เพราะฉะนั้น พลังจะเท่ากับแรงคูณด้วยอัตราความเร็ว (P = F x V)

สรุปได้ว่าพลังกล้ามเนื้อ หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อที่แสดงออกมาในรูปของความแข็งแรงสูงสุดและความเร็วสูงสุด ซึ่งเขียนสมการได้ดังนี้

พลัง = แรง x ความเร็ว

ดังนั้นพลังกล้ามเนื้องสูงสุด (Peak Power) จึงขึ้นอยู่กับความสามารถของความแข็งแรงในกล้ามเนื้อ และความเร็วในการออกแรงของกล้ามเนื้อที่แสดงออกมาได้สูงที่สุดพร้อมกัน พลังสูงสุดของกล้ามเนื้อนั้นเป็นผลรวมระหว่างแรงสูงสุดที่แสดงออกมาที่ความเร็วสูงสุดของบาร์เบลเท่าที่จะทำได้ การเพิ่มขึ้นของพลัง สนธยา สีละมาด (2555) กล่าวว่า เป็นผลที่เกิดจากการเพิ่มขึ้นในความแข็งแรงหรือความเร็วอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือเป็นการเพิ่มขึ้นทั้งสองอย่าง

จากการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อที่ส่งผลต่อพลังกล้ามเนื้อแล้วนำมาเชื่อมโยงกับผลจากการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายที่สามารถเพิ่มพลังกล้ามเนื้อได้ดังแสดงให้เห็นในงานวิจัยต่อไปนี้

Bosco et al. (2000) ที่พบว่า ผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายนั้นมีผลทำให้พลังกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้น 7 เปอร์เซ็นต์ และความสามารถในการกระโดดของท่า Vertical Jump เพิ่มขึ้น 3.8 เปอร์เซ็นต์

Cardinale and Lim (2003) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของความถี่ต่อความสามารถในการกระโดดในท่า Counter-movement jump และ Squat jump โดยเปรียบเทียบ

ความถี่ 20 เฮิรตซ์ และ 40 เฮิรตซ์ พบว่าที่ระดับความถี่ 20 เฮิรตซ์ สามารถเพิ่มความสูงในการกระโดดท่า Squat jump 4 เปอร์เซ็นต์

สุภัทรา ศิลปะบรรเลง และชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2558) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายต่อพลังกล้ามเนื้อขาในขณะกล้ามเนื้อหดตัวแบบอยู่กับที่ในท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา และการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ในท่าย่อตัวให้เข่าทำมุม 90 องศา พบว่า ในขณะกล้ามเนื้อหดตัวแบบอยู่กับที่ในท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา พลังกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้น 3.97 เปอร์เซ็นต์

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscular Strength)

ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2547) กล่าวว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ หมายถึงความสามารถของกล้ามเนื้อหรือกลุ่มกล้ามเนื้อที่ออกแรงกระทำต่อแรงต้านทานด้วยความพยายามมากที่สุดเพียงหนึ่งครั้ง

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และ กันยา ปาละวิวัธน์ (2536) กล่าวว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเกิดจากปัจจัยต่างๆ ดังนี้

1. ผลรวมของแรงจากการหดตัวของกล้ามเนื้อหลาย ๆ มัดที่ทำหน้าที่ในการเคลื่อนไหว
2. ความสัมพันธ์ของกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ในการเคลื่อนไหวกับกล้ามเนื้อตรงกันข้าม
3. อัตราส่วนทางกลไกการทำงานของระบบคานระหว่างกระดูกกับกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้อง

ทั้งนี้ กล้ามเนื้อจะต้องทำงานประสานสัมพันธ์กันในทุกๆ ปัจจัย จึงจะสามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อให้สูงขึ้นได้ วิธีการฝึกที่สามารถเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อก็คือ การฝึกให้กล้ามเนื้อได้ออกแรงทำงานต่อต้านกับแรงต้านทานที่เพิ่มมากขึ้นเกินกว่าปกติ มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในการทำงานของระบบประสาทสั่งการและประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อดีขึ้น ซึ่งส่งผลให้กล้ามเนื้อเกิดการตอบสนองในลักษณะการเพิ่มขนาดและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานระหว่างหน่วยยนต์ในกล้ามเนื้อ โดยเป็นการฝึกให้เส้นใยกล้ามเนื้อทุกเส้นใยมีความไวต่อการตอบสนองและหดตัวพร้อมกันเมื่อได้รับการกระตุ้นจากประสาทสั่งการที่มาหล่อเลี้ยง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Bompa (1993) ได้แบ่งความแข็งแรงของระบบกล้ามเนื้อออกเป็นชนิดต่าง ๆ ดังนี้

1. ความแข็งแรงทั่วไป (General strength) เป็นความแข็งแรงของระบบกล้ามเนื้อทั้งหมด

2. ความแข็งแรงเฉพาะ (Specific strength) เป็นความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ในทักษะกีฬาต่าง ๆ โดยเฉพาะ

3. ความแข็งแรงสูงสุด (Maximum strength) เป็นความแข็งแรงสูงสุดที่ได้จากการออกแรงมากที่สุดของระบบประสาทและกล้ามเนื้อในสภาวะที่อยู่ใต้อำนาจจิตใจ

4. ความแข็งแรงสัมบูรณ์ (Absolute strength) เป็นความแข็งแรงที่ได้จากการออกแรงมากที่สุดโดยไม่คำนึงถึงน้ำหนักตัว

5. ความแข็งแรงสัมพัทธ์ (Relative strength) เป็นความแข็งแรงที่สัมพันธ์กับน้ำหนักตัว

การพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อนั้นมีหลายแบบฝึกที่ทำให้กล้ามเนื้อเกิดความแข็งแรงสูงสุด ในงานวิจัยครั้งนี้เป็นการใช้ท่าฝึกแบบให้กล้ามเนื้อหดตัวแบบไอโซเมทริกตลอดช่วงการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย โดย สนธยา สีละมาด (2555) กล่าวว่า แรงในการหดเกร็งอยู่กับที่ของกล้ามเนื้อจะเกิดขึ้นจากการทำงานต้านกับแรงต้านทาน ความตึงในกล้ามเนื้อจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนถึงความตึงสูงสุดประมาณ 2-3 วินาที และจะลดต่ำลงในช่วงเวลาที่สั้นอย่างมาก (1-2 วินาที) ดังนั้นการฝึกที่ก่อให้เกิดประโยชน์จะต้องฝึกปฏิบัติในมุมที่เฉพาะ กล่าวคือ มีการฝึกกล้ามเนื้อที่มุมต่าง ๆ ซึ่งปกติช่วงการเคลื่อนไหวของข้อต่อที่มีค่าเท่ากับ 180 องศา ในลำดับมุมที่จะได้รับประโยชน์ตลอดช่วงการเคลื่อนไหว ควรใช้มุม 15 องศา 45 องศา 75 องศา 105 องศา 135 องศา และ 165 องศา ในการฝึก ซึ่งการฝึกเฉพาะมุมดังกล่าวความตึงจะครอบคลุมตลอดช่วงการเคลื่อนไหว

ความเร็ว

สนธยา สีละมาด (2555) กล่าวว่า ความเร็วเป็นความสามารถของกล้ามเนื้อในการหดตัวซ้ำ ๆ ติดต่อกันได้อย่างรวดเร็วเพื่อก่อให้เกิดแรงขับเคลื่อนร่างกายไปยังตำแหน่งที่ต้องการภายในระยะเวลาที่สั้นที่สุด ความเร็วถือเป็นสมรรถภาพทางกลไกพื้นฐานที่สำคัญของกีฬาเกือบทุกประเภท โดยเฉพาะประเภทการแข่งขันที่มีการเปลี่ยนตำแหน่งอย่างรวดเร็ว นักกีฬาควรได้รับการพัฒนาพื้นฐานทางด้านความเร็วซึ่งไม่ใช่เฉพาะแต่นักวิ่ง แต่ยังรวมถึงนักกีฬาประเภทอื่น ๆ ด้วย

ปัจจัยที่มีผลต่อความเร็ว ได้แก่ เวลาปฏิกิริยา ความสามารถในการเอาชนะแรงต้านภายนอก เทคนิค สมาธิ ความตั้งใจ และความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ

การพัฒนาความเร็วต้องอาศัยความแข็งแรง และพลังเป็นพื้นฐาน ด้วยเหตุที่ว่าความเร็วเป็นผลของการหดตัวอย่างรวดเร็วของกล้ามเนื้อ ความเร็วจึงขึ้นอยู่กับความแข็งแรง และพลัง นอกจากนี้การเพิ่มความเร็วยังขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของระบบประสาทและกล้ามเนื้อด้วยเช่นกัน (สนธยา สีละมาด, 2555)

ความสัมพันธ์ของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ

สนธยา สีละมาด (2555) กล่าวว่า การหดตัวของกล้ามเนื้อเป็นผลมาจากสัญญาณประสาทที่ส่งมาจากระบบประสาทส่วนกลาง การหดตัวคลายตัวของกล้ามเนื้อช้าหรือเร็วจะขึ้นอยู่กับสัญญาณประสาทที่มาควบคุม ดังนั้นการที่จะสร้างความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อจึงควรมุ่งเน้นความสำคัญไปที่ประสิทธิภาพการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ สอดคล้องกับธวัช วีระศิริวัตน์ (2538) กล่าวว่า ความเร็วของการเคลื่อนไหวจะถูกควบคุมโดยประสาทเป็นส่วนใหญ่

การประสานงานร่วมกันของกล้ามเนื้อ

การประสานงานร่วมกันของกล้ามเนื้อเนื่องจากประสิทธิภาพในการทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยทำให้ความเร็วในการทำงานของกล้ามเนื้อเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ (Agonists) และกล้ามเนื้อมัดตรงข้าม (Antagonists) จะประสานการทำงานร่วมกันนั้น คือ ในขณะที่กลุ่มกล้ามเนื้อทำงานหดตัว กลุ่มกล้ามเนื้อที่อยู่ตรงข้ามจะคลายตัวพร้อมกันจึงสามารถออกแรงต้านต่อต้านแรงภายนอกได้อย่างรวดเร็ว การประสานงานของกล้ามเนื้อยังรวมถึงการทำงานของกล้ามเนื้อหลาย ๆ กลุ่มที่เกี่ยวข้องกับทักษะในการเคลื่อนไหวนั้นด้วย (ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และ กันยา ปาละวิวัธน์, 2536)

ความสามารถในการหดตัวของกล้ามเนื้อ

ชนิดกล้ามเนื้อที่ต่างกันความสามารถในการหดตัวด้วยความเร็วจะแตกต่างกัน เส้นใยกล้ามเนื้อสีขาวมีคุณสมบัติในการทำงานได้เพียงสั้น ๆ ซึ่งมีความไวต่อการกระตุ้น จึงทำให้เกิดการเคลื่อนไหวได้เร็ว ธวัช วีระศิริวัตน์ (2538) กล่าวว่า การเพิ่มอัตราความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อนั้น สามารถเพิ่มขึ้นได้แต่อยู่ในขอบเขตที่จำกัด ซึ่งถ้าหากทำการฝึกการเคลื่อนไหวเร็ว ๆ ซ้ำ ๆ ติดต่อกันเป็นเวลานาน นอกจากจะเพิ่มประสิทธิภาพคำสั่งของระบบประสาทกล้ามเนื้อแล้วยังทำให้ประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นอีกด้วย

พลังกล้ามเนื้อ

การเคลื่อนไหวส่วนใหญ่ทางการกีฬา พลังเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่เป็นตัวกำหนดความสามารถในการเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็ว การเอาชนะแรงต้านทานจะต้องมีการปรับปรุงพลังเพื่อที่จะเพิ่มแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อและทำให้นักกีฬาสามารถเพิ่มอัตราความเร็วได้ (สนธยา สีละมาด, 2555)

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

การเคลื่อนไหวของร่างกายจะเกี่ยวข้องกับการออกแรงทำงานของกล้ามเนื้อเพื่อต่อสู้กับแรงต้านทาน การพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อโดยเฉพาะความแข็งแรงสูงสุด ความแข็งแรงจะช่วยให้แรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น แม้ว่าแรงต้านทานนั้นจะเป็นเพียงน้ำหนักของร่างกายส่วนต่าง ๆ ก็ตาม แต่เมื่อกล้ามเนื้อแข็งแรงขึ้นความต้านทานภายนอกจะมีผลต่อความเร็วน้อยลง ทำให้กล้ามเนื้อสามารถหดตัวได้เร็วขึ้น และช่วยให้การเคลื่อนไหวเร็วขึ้น (ธวัช วีระศิริวัตน์, 2538)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยเรื่องนี้

งานวิจัยของ Cormie et al. (2006) ศึกษาผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายต่อการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ ความแข็งแรง และพลัง เพื่อศึกษาผลของการทดสอบครั้งเดียวของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายที่มีต่อความสามารถในการกระโดดในท่า countermovement jump กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชายอายุ 19 - 23 ปี จำนวน 9 คน ที่เคยผ่านกิจกรรมการฝึกด้วยแรงต้านระดับปานกลางมาก่อน ศึกษาจากการกระโดดในท่า Counter-movement jump และการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ โดยกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายดังนี้ ความถี่ของการสั่น 30 เฮิร์ทซ ช่วงระยะเวลา 30 วินาที และใช้แบบท่าทางในการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายในท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา พบว่าการสั่นสะเทือนมีผลต่อความสามารถในการกระโดดในท่า countermovement jump อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยความสูงในการกระโดดเพิ่มขึ้น 0.7 เปอร์เซ็นต์ ในขณะเดียวกันไม่พบการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในกล้ามเนื้อแวสทัส มีเดียลิส (Vastus medialis) กล้ามเนื้อแวสทัส แลทเทอราลิส (Vastus lateralis) และกล้ามเนื้อไบเซพซ์ ฟีมอรีส (Biceps femoris)

Cormie et al. (2006) ได้เสนอแนะในงานวิจัยของเขาว่า การกำหนดระยะเวลาของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายมีผลต่อความสามารถในการกระโดด ซึ่งการเพิ่มขึ้นของความสูงในการกระโดดในการทดลองครั้งนี้เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย อีกทั้งยังไม่สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ดังนั้นจะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม เพื่อหาช่วงระยะเวลาของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายที่เหมาะสมต่อไป จึงเสนอแนะช่วงระยะเวลาของการสั่นสะเทือนสำหรับการศึกษาในอนาคต ในช่วงระยะเวลา 45 วินาที ซึ่งน่าจะเพิ่มความสามารถในการกระโดดได้มากกว่าระยะเวลาของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายในงานวิจัยนี้

งานวิจัยของ Hazell et al. (2007) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นจากการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายในกล้ามเนื้อที่หดตัวแบบอยู่นิ่งและเคลื่อนที่ของกล้ามเนื้อแวสทัส แลทเทอราลิส (Vastus lateralis) และ ไบเซพซ์ ฟีมอรีส (Biceps femoris) โดยผู้เข้าร่วมการทดลองเป็นเพศชายสุขภาพดีจำนวน 10 คน ใช้ความถี่ในการสั่น 5 ระดับความถี่ ได้แก่ 25, 30, 35, 40 และ 45 เฮิร์ทซ แอมพลิจูดของการสั่น 2 และ 4 มิลลิเมตร ช่วงระยะเวลาในการสั่น 45 วินาที พบว่า การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบอยู่นิ่งกับที่ คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น 0.6 - 6.7 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนได้รับการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย และเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในระดับความถี่ 40 เฮิร์ทซ และ 45 เฮิร์ทซ แอมพลิจูด 2 และ 4 มิลลิเมตร และในการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่กล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น 3.7 - 8.7 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับ

ก่อนการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย และเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในระดับความถี่ที่ 35, 40 และ 45 เฮิร์ทซ

จากการทดลองนี้ ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะใช้ความถี่ที่ระดับ 45 เฮิรตซ์ และแอมพลิจูด 4 มิลลิเมตร เนื่องจากเป็นความถี่และแอมพลิจูดที่มีการศึกษามาแล้ว และพบว่า สามารถเพิ่มความสามารถในการกระโดดได้

งานวิจัยของ Bazett-Jones et al. (2008) ได้ศึกษาผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย โดยเปรียบเทียบความเร่งที่ใช้ในการสั่นต่อความสามารถในการกระโดด กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชายและเพศหญิง จำนวน 44 คน ที่ไม่เคยได้รับการฝึกมาก่อน โดยทุกคนต้องทำการสั่น 4 ความเร่งด้วยกัน ได้แก่ - 2.18g (ความถี่ 30 เฮิรตซ์ แอมพลิจูด 2 - 4 มิลลิเมตร), - 2.80g (ความถี่ 40 เฮิรตซ์ แอมพลิจูด 2 - 4 มิลลิเมตร), - 4.87g (ความถี่ 35 เฮิรตซ์ แอมพลิจูด 4 - 6 มิลลิเมตร) และ - 5.83g (ความถี่ 50 เฮิรตซ์ แอมพลิจูด 4 - 6 มิลลิเมตร) โดยใช้ช่วงระยะเวลาของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายตามความคาดหวังจากการศึกษาของ Cormie et al. (2006) 45 วินาที พบว่าความสูงในการกระโดดที่ใช้ช่วงระยะเวลาของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย 45 วินาที เพิ่มขึ้นมากกว่าช่วงระยะเวลาของการสั่น 30 วินาที ที่ใช้ในงานวิจัยของ Cormie et al. (2006) โดยเพิ่มขึ้นในกลุ่มทดลองเพศหญิง ที่ความเร่ง - 2.80g (ความถี่ 40 เฮิรตซ์ แอมพลิจูด 2 - 4 มิลลิเมตร) และ - 5.83g (ความถี่ 50 เฮิรตซ์ แอมพลิจูด 4 - 6 มิลลิเมตร) ซึ่งความสูงในการกระโดดเพิ่มขึ้น 9.0 เปอร์เซ็นต์ และ 8.3 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงความสูงในการกระโดดในเพศชาย สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุภัทรา ศิลปะบรรเลง และชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2558) ศึกษาผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายต่อพลังกล้ามเนื้อขา ที่ใช้ช่วงระยะเวลาในการสั่น 45 วินาทีเช่นกัน พบว่า มีการเพิ่มขึ้นของพลังกล้ามเนื้อขา

อย่างไรก็ตาม มีงานวิจัยก่อนหน้านี้ Cochrane and Stannard (2005) ; Adams et al. (2009) ที่กำหนดช่วงระยะเวลาในการสั่น 30 วินาที ซึ่งพบว่าพลังกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น และงานวิจัยล่าสุดของ Despina et al. (2014) พบว่าช่วงระยะเวลาของการสั่น 15 วินาที สามารถกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อที่ทำให้ความสามารถในการกระโดดเพิ่มขึ้น ดังนั้นในงานวิจัยข้างต้นนี้ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ระยะเวลาของการสั่นที่ 15, 30 และ 45 วินาที

งานวิจัยของ สุภัทรา ศิลปะบรรเลง และชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2558) ได้ศึกษาผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายต่อพลังกล้ามเนื้อขาในขณะกล้ามเนื้อหดตัวแบบอยู่กับที่และเคลื่อนที่ กลุ่มตัวอย่างคือ นิสิตคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา เพศหญิง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อายุ 18 – 22 ปี จำนวน 16 คน โดยทำการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย 4 แบบ สัปดาห์ละ 1 แบบ การสั่นสะเทือนทั้งร่างกายแบบที่ 1 ใช้ท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา ช่วงระยะเวลาของ

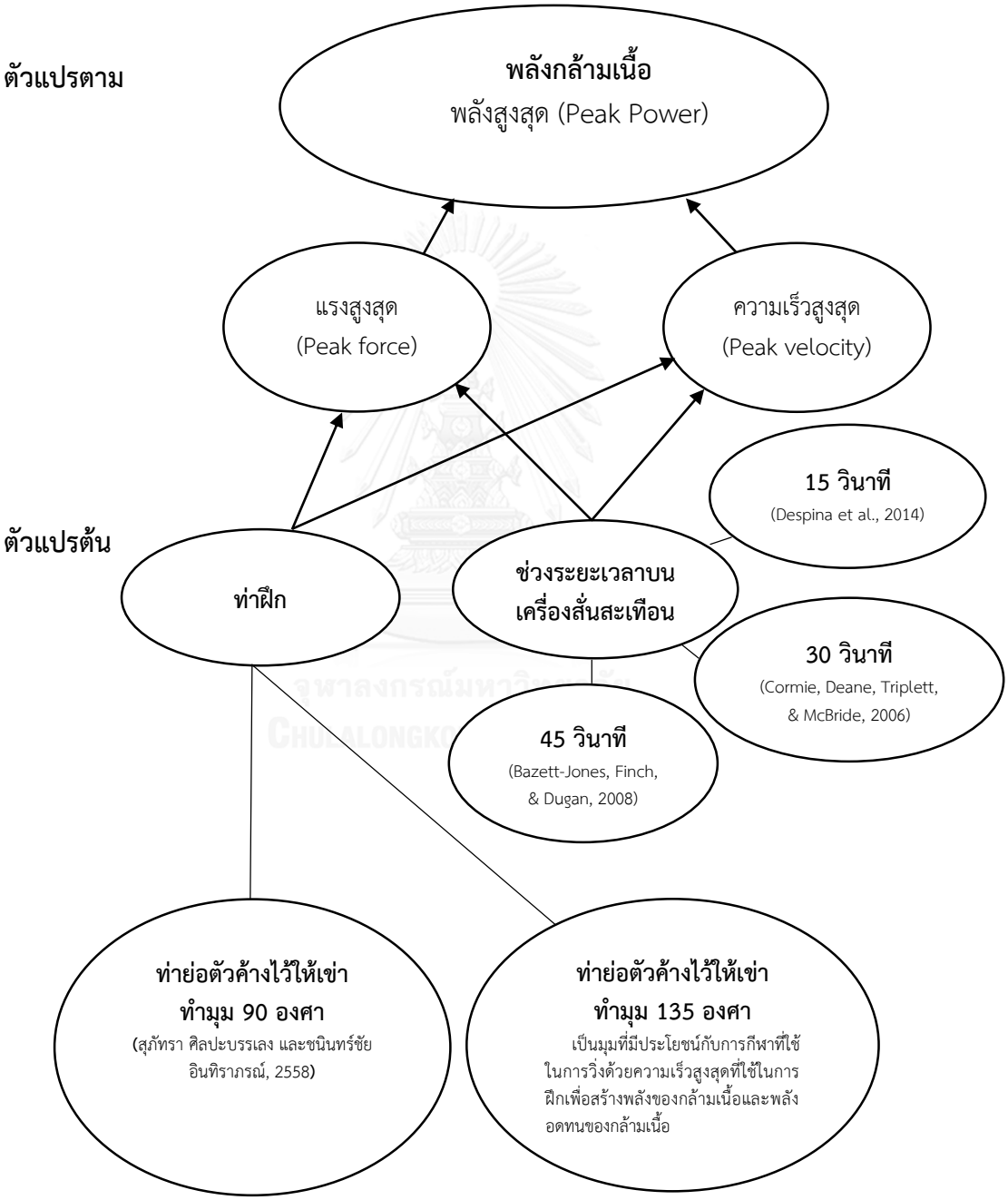
การสั่นสะเทือน 45 วินาที ระดับความถี่ 40 เฮิรตซ์ แอมพลิจูด 2 - 4 มิลิเมตร แบบที่ 2 ใช้ท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา ช่วงระยะเวลาของการสั่นสะเทือน 45 วินาที ระดับความถี่ 50 เฮิร์ทซ แอมพลิจูด 4 - 6 มิลิเมตร แบบที่ 3 ใช้ท่าเคลื่อนที่ย่อตัวให้เข่าทำมุม 90 องศา ช่วงระยะเวลาของการสั่นสะเทือน 45 วินาที ระดับความถี่ 40 เฮิร์ทซ แอมพลิจูด 2 - 4 มิลิเมตร และแบบที่ 4 ใช้ท่าเคลื่อนที่ย่อตัวให้เข่าทำมุม 90 องศา ช่วงระยะเวลาของการสั่นสะเทือน 45 วินาที ระดับความถี่ที่ 50 เฮิร์ทซ แอมพลิจูด 4 - 6 มิลลิเมตร จากการทดลองพบว่า พลังกล้ามเนื้อสูงสุดภายหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายในแบบที่ 1 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุดภายหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายในแบบที่ 3 และความเร็วสูงสุดของบาร์เบลในแบบที่ 1 และแบบที่ 4 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่เมื่อนำค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุดและความเร็วสูงสุดของบาร์เบลทั้งก่อนและหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 4 แบบ มาเปรียบเทียบกันแล้ว พบว่า ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากการทดลองนี้จะเห็นได้ว่า แบบท่าทางในการสั่นทั้งสองแบบมีการทำงานของกล้ามเนื้อต่างกัน ซึ่งทำให้เราทราบว่าแบบท่าทางที่ใช้ระหว่างการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายนั้น มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบประสาทและกล้ามเนื้อภายหลังได้รับการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย และแบบท่าทางของการสั่นในท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา มีผลในการเพิ่มพลังกล้ามเนื้อสูงสุด ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาแบบท่าทางของการสั่นในท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา

ดังนั้นจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังกล่าวข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยเห็นว่าช่วงระยะเวลาที่ใช้ร่วมกับท่าฝึกระหว่างการสั่น น่าจะมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อภายหลังได้รับการสั่น จากงานวิจัยข้างต้นทำให้ทราบว่า ท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา เป็นท่าที่ใช้ในการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายที่สามารถเพิ่มพลังกล้ามเนื้อขา และช่วงระยะเวลาของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย 15, 30 และ 45 วินาที เป็นช่วงระยะเวลาที่เห็นผลการเปลี่ยนแปลงต่อความสามารถในการกระโดด ถึงแม้ว่าพลังกล้ามเนื้อขาที่เพิ่มขึ้นนั้น อาจมีผลมาจากตัวแปรอื่นที่ใช้ในการสั่นร่วมด้วย อย่างไรก็ตาม งานวิจัยต่าง ๆ ที่ได้ศึกษามานี้ ทำให้ผู้วิจัยสามารถกำหนดตัวแปรที่จะใช้ในการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายที่เหมาะสมกับท่าฝึกที่จะศึกษาในครั้งนี้ ต่อการเพิ่มพลังกล้ามเนื้อสูงสุด จึงทำให้ผู้วิจัยสนใจศึกษาผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายโดยใช้ท่าฝึกและช่วงระยะเวลาแตกต่างกันต่อพลังกล้ามเนื้อ เพื่อศึกษาการทำงานของกล้ามเนื้อระหว่างการสั่นสะเทือนในท่าฝึกใดที่สามารถเพิ่มพลังกล้ามเนื้อสูงสุด และช่วงระยะเวลาของการสั่นสะเทือนช่วงใดมีผลต่อความสามารถในการเพิ่มพลังกล้ามเนื้อสูงสุด

2.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย

การสั่นสะเทือนทั้งร่างกายจะใช้ตัวแปรต้นเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการสั่น มี 2 ตัวแปร ได้แก่ ท่าฝึก และช่วงระยะเวลาของการสั่น โดยกำหนดค่าความถี่ของการสั่น 45 เฮิร์ทซ แอมพลิจูด 4 มิลลิเมตร อ้างอิงจากงานวิจัยของ (Hazell et al., 2007)



บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักกรีฑาประเภทลู่ และนักกีฬาซอฟต์บอลของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศหญิง อายุ 18 - 22 ปี ที่เข้าแข่งขันกีฬามหาวิทยาลัยครั้งที่ 42 จำนวน 21 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักกรีฑาประเภทลู่ และนักกีฬาซอฟต์บอลของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศหญิง อายุ 18 - 22 ปี ที่เข้าแข่งขันกีฬามหาวิทยาลัยครั้งที่ 42 โดยไม่คละกลุ่มกันจำนวน 12 คน (ค่า Power = 0.90 ค่า Effect size = 0.50)

ขั้นตอนดำเนินการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้ มีขั้นตอนดำเนินการทดลองดังต่อไปนี้

1. ทำการตรวจสอบคุณภาพของโปรแกรมการฝึกโดยผู้เชี่ยวชาญเพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ (IOC) โดยค่าดัชนีความสอดคล้องที่ได้เท่ากับ 0.92
2. คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเพื่อเข้าร่วมการทดลอง
    1) ผู้วิจัยจะทำการติดต่อเป็นการส่วนตัวเชิญชวนกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการทดลอง
    2) ผู้วิจัยอธิบายวัตถุประสงค์ขั้นตอนของการเก็บข้อมูล และชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับขั้นตอนการคัดกรองผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย โดยการตอบแบบสอบถามและประเมินค่าความแข็งแรงสัมพัทธ์ (Relative strength)
    3) เมื่อกลุ่มตัวอย่างทราบรายละเอียด จะให้ผู้ที่ยินดีจะเข้าร่วมการทดลองตอบแบบสอบถามและลงนามยินยอมเข้าร่วมการประเมินความแข็งแรงสัมบูรณ์ซึ่งเป็นเกณฑ์คัดเข้า
    4) จากนั้นนำผู้ที่มีคุณสมบัติที่สามารถเข้าร่วมการคัดกรองมาทำการทดสอบหาค่าความแข็งแรงสัมพัทธ์

การหาค่าความแข็งแรงสัมพัทธ์ผู้วิจัยจะเป็นผู้ทดสอบ และหาค่าความแข็งแรงสัมพัทธ์ด้วยการหาค่า 1 RM ของผู้ที่เข้าร่วมการทดลองทุกคน โดยจะทำการทดสอบบนเครื่อง Keiser A-300 squat เนื่องจากผู้วิจัยกำหนดค่าความแข็งแรงสัมบูรณ์อยู่ในช่วง 2.5-4.0 ซึ่งเครื่องนี้สามารถรองรับ

น้ำหนักแรงต้านได้สูง โดยให้ผู้ที่เข้าร่วมการทดลองทำท่าย่อตัวให้เข่าทำมุม 90 องศา (Half squat) ต้านกับน้ำหนักที่กำหนดไว้ที่ตัวเครื่อง โดยมีขั้นตอนดังนี้

(1) ผู้วิจัยจะให้ผู้ที่เข้าร่วมการทดลองประมาณน้ำหนักที่น่าจะสามารถต้านได้ 5 – 6 ครั้ง

(2) จากนั้นให้ผู้ที่เข้าร่วมการทดลองทำท่าย่อตัวให้เข่าทำมุม 90 องศา ต้านกับน้ำหนักที่เลือกไว้ โดยทำท่าย่อตัวให้เข่าทำมุม 90 องศา ไปจนกว่าจะไม่สามารถทำได้

(3) นำจำนวนครั้งที่ทำได้และน้ำหนักที่ต้านมาแทนลงในสมการ

1 RM = (weight lifted) / [1.0278 – (repetitions x 0.0278)]

อ้างอิงจาก Brzycki (1993) Strength testing – Predicting a one-rep max from a reps- to fatigue. Journal of Physical Education, Recreation and Dance 64 (1), 88-90.

(4) นำค่า 1 RM ที่ได้มาหารด้วยน้ำหนักตัว (กิโลกรัม) ของผู้เข้าร่วมการทดลองจึงจะได้ค่าความแข็งแรงสัมพัทธ์ของผู้ที่เข้าร่วมการทดลอง

(5) ผู้ที่มีค่าความแข็งแรงสัมพัทธ์อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดจะได้เข้าร่วมการทดลองในครั้งนี้ กรณีที่มีผู้ผ่านเกณฑ์เกินกว่าจำนวนที่กำหนด ผู้วิจัยจะทำการสุ่มโดยการจับฉลากเลือกผู้เข้าร่วมการทดลองเพียง 12 คน จากจำนวนทั้งหมด

(6) ในกรณีที่มีผู้ที่ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ผู้วิจัยจะมอบของที่ระลึกเป็นปากกาให้กับผู้ที่ไม่ผ่านเกณฑ์ทุกคน

หมายเหตุ การทดสอบหาค่าความแข็งแรงสัมพัทธ์มีความเสี่ยงน้อย แต่หากพบว่าขณะทำการทดสอบมีอาการบาดเจ็บขึ้น จะให้หยุดการทดสอบและผู้วิจัยจะประเมินอาการเบื้องต้น กรณีที่มีการบาดเจ็บเล็กน้อยผู้วิจัยจะให้นั่งพักปฐมพยาบาลเบื้องต้น ถ้ามีการบาดเจ็บที่รุนแรงผู้วิจัยจะนำส่งสถานพยาบาลทันที ทั้งนี้ผู้เข้าร่วมการทดสอบต้องรีบแจ้งให้ผู้วิจัยทราบโดยทันทีเพื่อที่ผู้วิจัยจะทำการรับผิดชอบในการส่งต่อ ณ สถานพยาบาลและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการดูแลรักษา

เกณฑ์การคัดเข้า

1) ผู้เข้าร่วมการทดลองต้องเป็นนักกรีฑาประเภทลู่และนักกีฬาซอฟต์บอลของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศหญิง ช่วงอายุ 18 - 22 ปี ที่เข้าแข่งขันกีฬามหาวิทยาลัยครั้งที่ 42

2) เป็นผู้ที่ไม่มีการบาดเจ็บทางร่างกายและไม่มีโรคประจำตัว

3) เป็นผู้ที่มีค่าความแข็งแรงสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 2.5 – 4.0

เกณฑ์การคัดออก

1) ผู้เข้าร่วมการทดลองมีความต้องการที่จะออกจากการทดลอง
2) เป็นผู้ที่เข้าร่วมการทดลองต่ำกว่า 3 ครั้ง

3. ผู้วิจัยชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับขั้นตอนการทดลองรวมถึงความเสี่ยงและประโยชน์ต่าง ๆ ที่ผู้เข้าร่วมการทดลองอาจได้รับจากการเข้าร่วม โดยผู้เข้าร่วมการทดลองต้องมาเข้าร่วมการทดลองตามวันที่กำหนด และในการทดลองทุกครั้งผู้เข้าร่วมการทดลองต้องแต่งกายด้วยชุดกีฬาและสวมรองเท้ากีฬา

4. เมื่อผู้ที่ได้เข้าร่วมการทดลองทราบรายละเอียดและยินดีเข้าร่วมการวิจัย จึงจะให้ทำการลงนามยินยอม

5. ให้ผู้เข้าร่วมการทดลองทั้ง 12 คน ทำการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้งหมด 6 การทดลอง ตามการถ่วงดุลลำดับ (Counterbalancing) ทั้งนี้ผู้เข้าร่วมการทดลองต้องทำการทดสอบพลังกล้ามเนื้อก่อนและหลังการสั่นในทุกครั้งของการทดลอง ใช้ระยะเวลาในการทดลองทั้งหมด 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 1 วัน ทำการทดลองวันเสาร์ของสัปดาห์นั้น ๆ ซึ่งแบบการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 การทดลองจะแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงรายละเอียดแบบการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 การทดลอง

		ช่วงระยะเวลาที่ใช้ในการสั่น		
		15 วินาที	**30 วินาที**	**45 วินาที**
ท่าฝึก	1. ท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา	การทดลองที่ 1	การทดลองที่ 2	การทดลองที่ 3
	2. ท่าย่อตัวค้างไว้ ให้เข่าทำมุม 135 องศา	การทดลองที่ 4	การทดลองที่ 5	การทดลองที่ 6

* ทุกการทดลองใช้ความถี่ของการสั่น 45 เฮิรตซ์ และแอมพลิจูดของการสั่น 4 มิลิเมตร ความถี่และแอมพลิจูดของการสั่น อ้างอิงจากงานวิจัยของ (Hazell et al., 2007) ช่วงระยะเวลาของการสั่นอ้างอิงจากงานวิจัยของ (Bazett-jone et al., 2008)

หมายเหตุ เนื่องจากงานวิจัยมีความเสี่ยงน้อย แต่หากมีการบาดเจ็บจะมีการปฐมพยาบาลเบื้องต้น

เครื่องมือที่ใช้

1. เครื่อง Whole-body vibration ผลิตโดยบริษัท Power plate International Ltd. ในประเทศสหรัฐอเมริกา ชื่อรุ่น Power plate Pro5 Silver

2. เครื่องฝึกกล้ามเนื้อด้วยแรงต้านจากแรงดันอากาศ ผลิตในประเทศสหรัฐอเมริกา ยี่ห้อ Keiser รุ่น A-300 squat

3. เครื่องทดสอบกำลัง FT 700 Power System. BMS (Ballistic measurement system software) ผลิตในประเทศออสเตรเลีย

ระบบประกอบด้วย แผ่นแรง (Force plate) และมิเตอร์สายขยาย (ตัวแปลงสัญญาณระยะทาง USB อินเตอร์เฟซ) มีการเก็บรวบรวมข้อมูลและซอฟต์แวร์ที่กำหนดเอง สามารถวัดบาร์เบลล์ ความเร็ว ความเร่ง แรง และพลัง ได้อย่างแม่นยำจากการวัดการเคลื่อนไหวในแนวตั้งของนักกีฬา

ทั้งนี้ โปรแกรมยังสามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บรวบรวม เพื่อแสดงพลังสูงสุด (Peak power) ความเร็วสูงสุดของบาร์เบล (Peak bar velocity) และแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุด (Peak vertical ground reaction force รายงานบนความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของระบบ reveals การทำซ้ำที่ดีของการวัด

พลังกล้ามเนื้อสูงสุด (Peak power) หมายถึง ผลคูณของแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุด (Peak vertical ground reaction force) กับความเร็วสูงสุดของบาร์เบล (Peak bar velocity) มีหน่วยเป็นวัตต์

แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุด (Peak vertical ground reaction force) หมายถึง แรงปฏิกิริยาสูงสุดในแนวดิ่งจากพื้นที่เกิดขึ้นจากการออกแรงเหยียดสะโพกและขากระแทกลงบนแผ่นตรวจจับแรงกระแทก (Force plate) ได้มากที่สุด มีหน่วยเป็นนิวตัน

ความเร็วสูงสุดของบาร์เบล (Peak bar velocity) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อที่ออกแรงทำให้บาร์เบลเกิดการเคลื่อนไหวด้วยความเร็วสูงสุด มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที โดยบาร์เบลที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นบาร์เบลที่ไม่มีน้ำหนัก

4. นาฬิกาจับเวลา

5. Goniometer

6. แบบคัดกรองผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

7. แบบบันทึกข้อมูลส่วนบุคคล และแบบบันทึกผลการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การทดลองมีขั้นตอนดังนี้

1. ก่อนดำเนินการทดลองจะให้กลุ่มตัวอย่างนั่งพัก 5 นาที โดยไม่มีการจัดกระทำ ใด ๆ จากนั้นให้กลุ่มตัวอย่างทำการอบอุ่นร่างกาย (Warm up) โดยการปั่นจักรยาน เป็นเวลา 5 นาที ความหนักที่ 60% HRR

2. ผู้เข้าร่วมการทดลองซ้อมการกระโดดจากท่าย่อตัวให้เข่าทำมุม 90 องศา 2 ครั้ง และภายหลังการฝึกซ้อมผู้เข้าร่วมการทดลองพักเป็นเวลา 1 นาที เพื่อป้องกันการล้าของกล้ามเนื้อขา

3. ทดสอบพลังกล้ามเนื้อทุกครั้งก่อนทำการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายตามการทดลอง โดยกระโดดบนเครื่อง FT 700 Power System ด้วยแรงสูงสุดในการกระโดดจากท่าย่อตัวให้เข่าทำมุม 90 องศา (Half squat jump) จำนวน 1 ครั้ง (อ้างอิงจากงานวิจัยของ Cormie et al., 2006)

4. ทำการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายตามการทดลองตามการถ่วงดุลลำดับ

การทดลองที่ 1 ทำท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา ช่วงระยะเวลา 15 วินาที โดยใช้ความถี่ 45 เฮิรตซ์ แอมพลิจูดในการสั่น 4 มิลลิเมตร

การทดลองที่ 2 ทำท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา ช่วงระยะเวลา 30 วินาที โดยใช้ความถี่ 45 เฮิรตซ์ แอมพลิจูดในการสั่น 4 มิลลิเมตร

การทดลองที่ 3 ทำท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา ช่วงระยะเวลา 45 วินาที โดยใช้ความถี่ 45 เฮิรตซ์ แอมพลิจูดในการสั่น 4 มิลลิเมตร

การทดลองที่ 4 ทำท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 135 องศา ช่วงระยะเวลา 15 วินาที โดยใช้ความถี่ 45 เฮิรตซ์ แอมพลิจูดในการสั่น 4 มิลลิเมตร

การทดลองที่ 5 ทำท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 135 องศา ช่วงระยะเวลา 30 วินาที โดยใช้ความถี่ 45 เฮิรตซ์ แอมพลิจูดในการสั่น 4 มิลลิเมตร

การทดลองที่ 6 ทำท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 135 องศา ช่วงระยะเวลา 45 วินาที โดยใช้ความถี่ 45 เฮิรตซ์ แอมพลิจูดในการสั่น 4 มิลลิเมตร

ทั้งนี้ การกำหนดมุมในการงอเข่าของท่าฝึกในขณะทดลองอยู่บนเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย จะใช้เครื่องมือวัดองศา (Goniometer) เป็นตัวววัดมุม และมีวิธีการในการควบคุมมุมที่ทำให้ได้มุม 90 องศา และมุม 135 องศา โดยใช้อุปกรณ์เสริมสำหรับควบคุมการเปลี่ยนแปลงมุมของเข่าขณะย่อเข่าค้างไว้ระหว่างปฏิบัติบนเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย ซึ่งอุปกรณ์สามารถปรับระดับตามมุมที่ต้องการได้

5. ทำการทดสอบพลังกล้ามเนื้อภายในเวลา 30 วินาที หลังทำการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายตามแบบขั้นตอนที่ 3 อีกครั้ง

ตารางที่ 4 แสดงการถ่วงดุลลำดับของการทดลองทั้ง 6 การทดลอง

รอบ	การทดลองที่ 1	การทดลองที่ 2	การทดลองที่ 3	การทดลองที่ 4	การทดลองที่ 5	การทดลองที่ 6
สัปดาห์ที่ 1	คนที่ 1 - 2	คนที่ 3 - 4	คนที่ 5 - 6	คนที่ 7 - 8	คนที่ 9 - 10	คนที่ 11 - 12
สัปดาห์ที่ 2	คนที่ 3 - 4	คนที่ 5 - 6	คนที่ 7 - 8	คนที่ 9 - 10	คนที่ 11 - 12	คนที่ 1 - 2
สัปดาห์ที่ 3	คนที่ 5 - 6	คนที่ 7 - 8	คนที่ 9 - 10	คนที่ 11 - 12	คนที่ 1 - 2	คนที่ 3 - 4
สัปดาห์ที่ 4	คนที่ 7 - 8	คนที่ 9 - 10	คนที่ 11 - 12	คนที่ 1 - 2	คนที่ 3 - 4	คนที่ 5 - 6
สัปดาห์ที่ 5	คนที่ 9 - 10	คนที่ 11 - 12	คนที่ 1 - 2	คนที่ 3 - 4	คนที่ 5 - 6	คนที่ 7 - 8
สัปดาห์ที่ 6	คนที่ 11 - 12	คนที่ 1 - 2	คนที่ 3 - 4	คนที่ 5 - 6	คนที่ 7 - 8	คนที่ 9 - 10

ผู้เข้าร่วมการทดลองต้องทำการทดลองตามแบบการทดลองการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย จำนวนทั้งหมด 6 ครั้ง โดยทำการทดลองสัปดาห์ละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ทำการทดลองในวันเสาร์ของสัปดาห์นั้น ๆ ในแต่ละสัปดาห์ผู้เข้าร่วมการทดลองทั้ง 12 คน ทำการทดลองและทดสอบทีละคนตามการถ่วงดุลลำดับ เมื่อคนแรกสิ้นสุดการทดลองและทดสอบ จึงจะทำการทดลองในคนถัดไปตามการทดลอง

ทั้งนี้ผู้เข้าร่วมการทดลองต้องทำการทดสอบพลังกล้ามเนื้อก่อนและหลังการสั่นในทุกครั้งของการทดลอง ระยะเวลาในการทดลองแต่ละครั้งประมาณ 10 นาที โดยทำการทดลองและทดสอบที่ศูนย์ทดสอบ วิจัย วัสดุและอุปกรณ์ทางการกีฬาคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งมีผู้วิจัยเป็นผู้ฝึกการทดลองและทดสอบ ในแต่ละวันของการฝึกจะมีของว่าง 1 ชุด มอบให้กับผู้เข้าร่วมการทดลอง และผู้วิจัยจะมอบของที่ระลึกเป็นเสื้อยืดคอกลมสีเทาสกรีนอักษร CU ให้กับผู้เข้าร่วมการทดลองทุกคนภายหลังจากเสร็จสิ้นการทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากการทดลองของผู้เข้าร่วมการทดลองที่ทำการทดลองทั้ง 12 คน มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics 20

1. นำผลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

2. วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยก่อนและหลังการทดลองภายในการทดลองทั้ง 6 กลุ่มการทดลอง โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two-way ANOVA) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจากเป็นการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมการทดลองตั้งแต่ 2 กลุ่มขึ้นไป โดยมีตัวแปรอิสระ 2 ตัว ซึ่งถ้าพบความแตกต่างจึงเปรียบเทียบรายคู่โดยวิธีการของแอลเอสดี

3. วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลองและหลังการทดลองในแต่ละแบบโดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมการทดลองก่อนและหลังการทดลอง โดยการทดสอบค่าที (t-test) แบบไม่เป็นอิสระต่อกัน ทดสอบความมีนัยสำคัญที่ 0.05

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

ผลของงานวิจัยเรื่องนี้น่าจะทำให้ทราบถึงรูปแบบการฝึกโดยใช้เครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกายที่เหมาะสมในการเพิ่มพลังกล้ามเนื้อสูงสุด ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับการใช้เพื่อเป็นส่วนหนึ่งในการฝึกนักกีฬาประเภทอื่นต่อไปในอนาคต

การพิทักษ์สิทธิ์ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

การพิทักษ์สิทธิ์ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย โดยผู้วิจัยพบกลุ่มตัวอย่างและแนะนำตัว อธิบายวัตถุประสงค์ขั้นตอนของการเก็บข้อมูล และประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย พร้อมทั้งขอความร่วมมือในการทำวิจัยด้วยความสมัครใจ การตอบรับหรือการปฏิเสธเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้จะไม่มีผลต่อประโยชน์ที่พึงได้รับ ผู้เข้าร่วมการทดลองสามารถแจ้งออกจากการทดลองได้ก่อนการทดลองสิ้นสุดลงโดยไม่ต้องแจ้งเหตุผลหรือคำอธิบายใด ๆ ข้อมูลทุกอย่างจะถือเป็นความลับ และนำมาใช้ตามวัตถุประสงค์ในการวิจัยครั้งนี้เท่านั้น ผลการทดลองจะเสนอภาพรวม หากท่านมีข้อสงสัยเกี่ยวกับโครงการวิจัยให้สอบถามเพิ่มเติมได้ โดยสามารถติดต่อกับผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการทดลอง ผู้วิจัยจะแจ้งให้ผู้เข้าร่วมการทดลองทราบอย่างรวดเร็ว

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการทำการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบการทดลอง และทำการทดสอบพลังกล้ามเนื้อก่อนและหลังการทดลอง ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลนี้ ผู้วิจัยจะนำเสนอค่าแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุดและความเร็วสูงสุดของบาร์เบลร่วมด้วย เนื่องจากแรงและความเร็วเป็นตัวแปรที่มีความเกี่ยวข้องและมีความสำคัญกับพลังกล้ามเนื้อและอาจทำให้เราสามารถทำการศึกษาผลการทดลองได้ละเอียดมากขึ้น

ผลของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุ น้ำหนัก และความแข็งแรงสัมพัทธ์ของนักกีฬากรีฑาและนักกีฬาซอฟต์บอลของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเพศหญิงทั้งหมด 12 คน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอายุ น้ำหนัก และความแข็งแรงสัมพัทธ์ของนักกีฬากรีฑาและนักกีฬาซอฟต์บอลของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเพศหญิง

คุณลักษณะ	$\overline{x}$	S.D.
อายุ (ปี)	20.42	1.24
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	54.33	3.75
ความแข็งแรงสัมพัทธ์	3.24	0.41

จากตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยอายุของผู้เข้าร่วมการวิจัยเท่ากับ 20.42 ปี ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.24 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของผู้เข้าร่วมการทดลองเท่ากับ 54.33 กิโลกรัม ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.75 ค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงสัมพัทธ์เท่ากับ 3.24 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.41

ผลของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพลังกล้ามเนื้อสูงสุดก่อนและหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบการทดลอง ดังแสดงไว้ในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพลังกล้ามเนื้อสูงสุดก่อนและหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบการทดลอง (N = 12)

	พลังกล้ามเนื้อสูงสุด (วัตต์)			
	ก่อนการสั่น		**หลังการสั่น**	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
แบบที่ 1 (90 องศา / 15 วินาที)	2399.33567	374.227682	2502.78458	478.666294
แบบที่ 2 (90 องศา / 30 วินาที)	2450.73683	300.127304	2573.24967	341.445062
แบบที่ 3 (90 องศา / 45 วินาที)	2463.59842	332.629216	2590.23842	357.470884
แบบที่ 4 (135 องศา / 15 วินาที)	2539.54158	345.119416	2555.91892	300.992119
แบบที่ 5 (135 องศา / 30 วินาที)	2502.20358	287.783529	2609.33983	294.460725
แบบที่ 6 (135 องศา / 45 วินาที)	2571.35867	353.358674	2745.60625	317.651478

จากตารางที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพลังกล้ามเนื้อสูงสุดก่อนการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย แบบที่ 1 เท่ากับ 2399.33567±374.227682 แบบที่ 2 เท่ากับ 2450.73683±300.127304 แบบที่ 3 เท่ากับ 2463.59842±332.629216 แบบที่ 4 เท่ากับ 2539.54158±345.119416 แบบที่ 5 เท่ากับ 2502.20358±287.783529 และแบบที่ 6 เท่ากับ 2571.35867±353.358674 โดยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพลังกล้ามเนื้อสูงสุดในการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายแบบที่ 6 มีค่ามากที่สุด และค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพลังกล้ามเนื้อสูงสุดในการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย แบบที่ 1 มีค่าน้อยที่สุด

ในขณะที่ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพลังกล้ามเนื้อสูงสุดหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย แบบที่ 1 เท่ากับ 2502.78458±478.666294 แบบที่ 2 เท่ากับ 2573.24967 ±341.445062 แบบที่ 3 เท่ากับ 2590.23842±357.470884 แบบที่ 4 เท่ากับ 2555.91892 ±300.992119 แบบที่ 5 เท่ากับ 2609.33983±294.460725 และแบบที่ 6 เท่ากับ 2745.60625 ±317.651478 โดยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพลังกล้ามเนื้อสูงสุดในการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายแบบที่ 6 มีค่ามากที่สุด และค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของพลังกล้ามเนื้อสูงสุดในการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายแบบที่ 1 มีค่าน้อยที่สุด

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อสูงสุดก่อนการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อสูงสุดก่อนการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบการทดลอง (N = 12)

แหล่งความแปรปรวน	**SS**	**df**	**MS**	**F**	**P**
ท่าฝึก	179321.141	1	179321.141	1.612	0.209
ช่วงระยะเวลา	32312.275	2	16156.137	0.145	0.865
ท่าฝึก* ช่วงระยะเวลา	24192.718	2	12096.359	0.109	0.897
ความคลาดเคลื่อน	7343084.787	66	111258.860		
รวม	453196169.6	72			

จากตารางที่ 7 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อสูงสุดก่อนการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย พบว่า ตัวแปรท่าฝึกที่ต่างกัน ไม่มีผลทำให้ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดหลังการฝึกแตกต่างกัน สำหรับตัวแปรช่วงระยะเวลาที่ต่างกัน ไม่มีผลทำให้ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดแตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

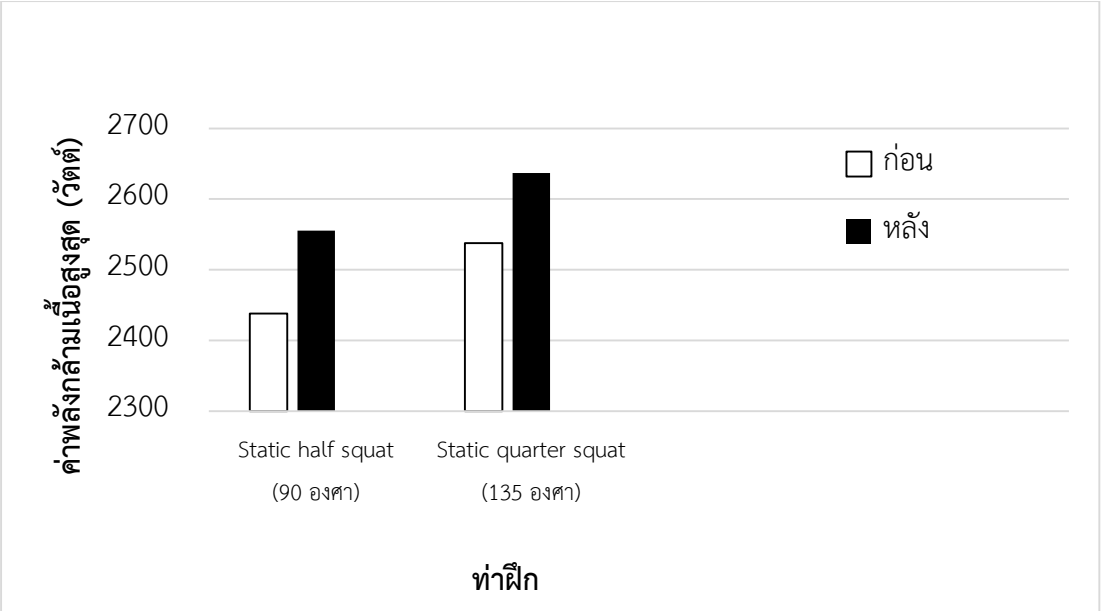
ผลของการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อสูงสุดหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อสูงสุดหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบการทดลอง (N = 12)

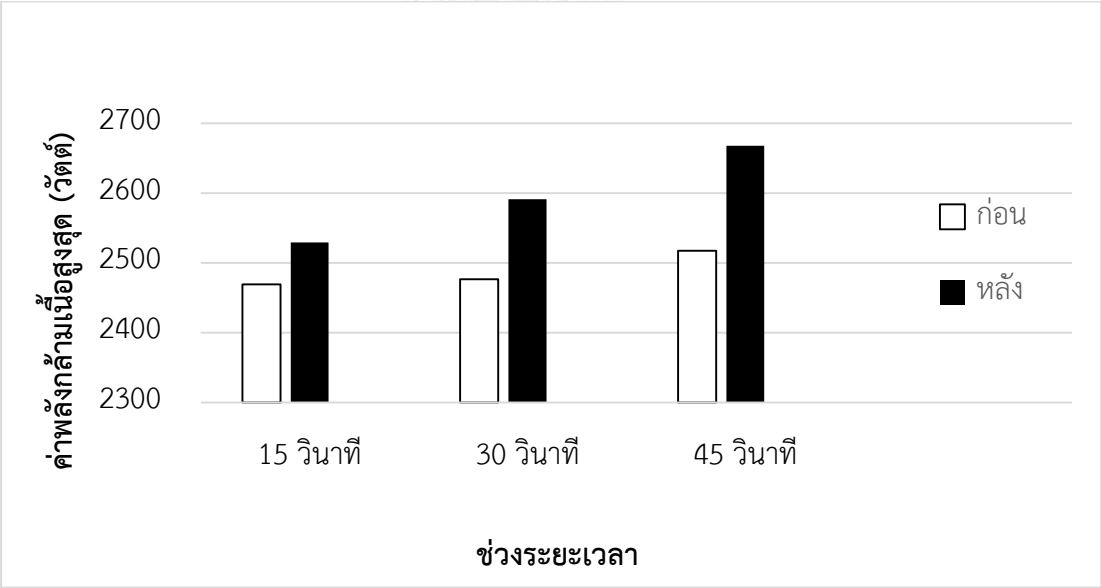
แหล่งความแปรปรวน	**SS**	**df**	**MS**	**F**	**P**
ท่าฝึก	119650.819	1	119650.819	0.955	0.332
ช่วงระยะเวลา	231284.227	2	115642.113	0.923	0.402
ท่าฝึก* ช่วงระยะเวลา	49938.708	2	24969.354	0.199	0.820
ความคลาดเคลื่อน	8268671.620	66	125282.903		
รวม	493963981.1	72			

จากตารางที่ 8 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อสูงสุดหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย พบว่า ตัวแปรท่าฝึกที่ต่างกันไม่มีผลทำให้ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดหลังการฝึกแตกต่างกัน สำหรับตัวแปรช่วงระยะเวลาที่ต่างกัน ไม่มีผลทำให้ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดแตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 6 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพลังกล้ามเนื้อสูงสุดจำแนกตามท่าฝึก



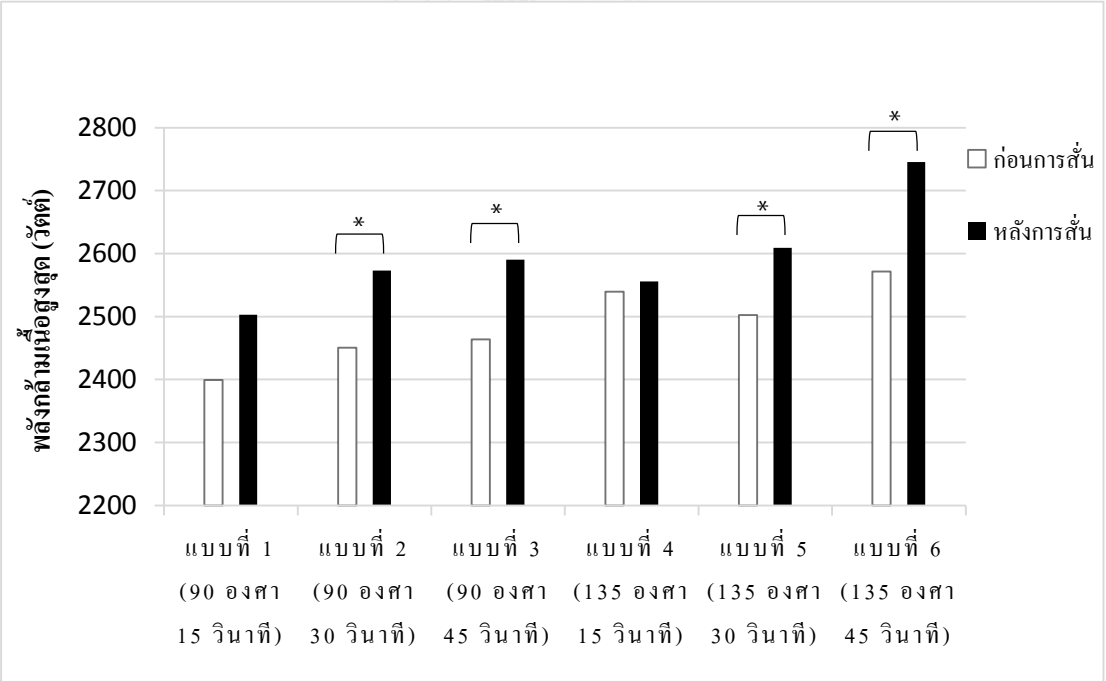
ภาพที่ 7 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของพลังกล้ามเนื้อสูงสุดจำแนกตามช่วงระยะเวลา

ผลของค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดก่อนและหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดก่อนและหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบการทดลอง (N = 12)

		ก่อนการสั่น		หลังการสั่น		t	Sig	%Change
		$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD			
พลังกล้ามเนื้อสูงสุด (วัตต์)	แบบที่ 1	2399.33567	374.227682	2502.78458	478.666294	-.702	.497	4.31
	แบบที่ 2	2450.73683	300.127304	2573.24967	341.445062	-2.569	.026*	5.00
	แบบที่ 3	2463.59842	332.629216	2590.23842	357.470884	-2.584	.025*	5.14
	แบบที่ 4	2539.54158	345.119416	2555.91892	300.992119	-.376	.714	0.64
	แบบที่ 5	2502.20358	287.783529	2609.33983	294.460725	-2.354	.038*	4.28
	แบบที่ 6	2571.35867	353.358674	2745.60625	317.651478	-2.204	.050*	6.78

*p< 0.05



ภาพที่ 8 แสดงกราฟของค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดก่อนและหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบ

*p< 0.05 ค่าเฉลี่ยก่อนและหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 9 แสดงค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดก่อนและหลังการทดลอง พบว่า ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดภายหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายในแบบที่ 2 แบบที่ 3 แบบที่ 5 และแบบที่ 6 มีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายในแบบที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 5.00 การสั่นสะเทือนทั้งร่างกายในแบบที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 5.14 การสั่นสะเทือนทั้งร่างกายในแบบที่ 5 มีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 4.28 และการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายในแบบที่ 6 มีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 6.78

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุดก่อนและหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบการทดลอง ดังแสดงไว้ในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุดก่อนและหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบการทดลอง (N = 12)

	แรงปฏิกิริยาในดิ่งจากพื้นสูงสุด (นิวตัน)			
	ก่อนการสั่น		**หลังการสั่น**	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
แบบที่ 1 (90 องศา / 15 วินาที)	2746.64542	767.106881	2871.24875	759.181275
แบบที่ 2 (90 องศา / 30 วินาที)	2713.47075	794.939253	3136.71883	919.374255
แบบที่ 3 (90 องศา / 45 วินาที)	2565.69225	710.707386	3070.16467	1099.388457
แบบที่ 4 (135 องศา / 15 วินาที)	2928.27508	1041.284566	2771.74817	781.851604
แบบที่ 5 (135 องศา / 30 วินาที)	2332.50058	537.072771	2886.40300	713.740913
แบบที่ 6 (135 องศา / 45 วินาที)	2545.57358	531.003606	3119.17758	864.244609

จากตารางที่ 10 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุดก่อนการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย แบบที่ 1 เท่ากับ 2746.64542±767.106881 แบบที่ 2 เท่ากับ 2713.47075±794.939253 แบบที่ 3 เท่ากับ 2565.69225±710.707386 แบบที่ 4 เท่ากับ 2928.27508±1041.284566 แบบที่ 5 เท่ากับ 2332.50058±537.072771 และแบบที่ 6 เท่ากับ 2545.57358±531.003606 โดยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุดก่อนการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายแบบที่ 4 มีค่ามากที่สุด และค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุดก่อนการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายแบบที่ 5 มีค่าน้อยที่สุด

ในขณะที่ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุดหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย แบบที่ 1 เท่ากับ 2871.24875±759.181275 แบบที่ 2 เท่ากับ 3136.71883±919.374255 แบบที่ 3 เท่ากับ 3070.16467±1099.388457 แบบที่ 4 เท่ากับ 2771.74817±781.851604 แบบที่ 5 เท่ากับ 2886.40300±713.740913 และแบบที่ 6 เท่ากับ 3119.17758±864.244609 โดยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุดหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายแบบที่ 2 มีค่ามากที่สุด และค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุดหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายแบบที่ 4 มีค่าน้อยที่สุด

ผลของการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของค่าเฉลี่ยแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุดก่อนการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของค่าเฉลี่ยแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุดก่อนการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบการทดลอง (N = 12)

แหล่งความแปรปรวน	**SS**	**df**	**MS**	**F**	**P**
ท่าฝึก	96324.652	1	96324.652	0.171	0.681
ช่วงระยะเวลา	1435094.018	2	717547.009	1.274	0.287
ท่าฝึก* ช่วงระยะเวลา	974869.535	2	487434.768	0.865	0.426
ความคลาดเคลื่อน	37181890.99	66	563361.985		
รวม	541002612.0	72			

จากตารางที่ 11 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของค่าเฉลี่ยแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุดก่อนการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย พบว่า ตัวแปรท่าฝึกที่ต่างกันไม่มีผลทำให้ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดหลังการฝึกแตกต่างกัน สำหรับตัวแปรช่วงระยะเวลาที่ต่างกัน ไม่มีผลทำให้ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดแตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

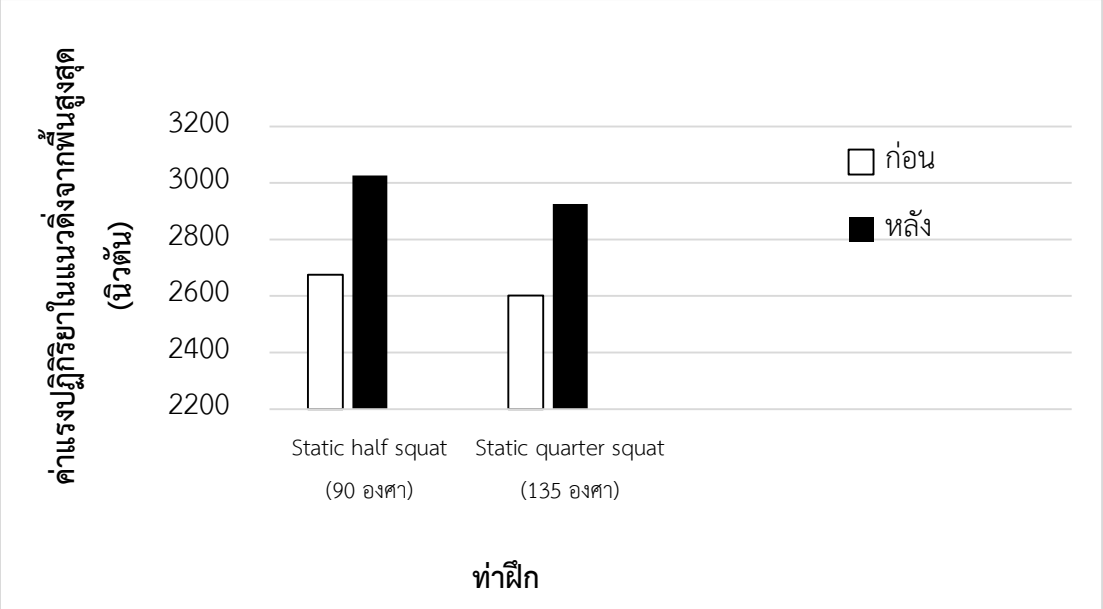
ผลของการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของค่าเฉลี่ยแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุดหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของค่าเฉลี่ยแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุดหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบการทดลอง (N = 12)

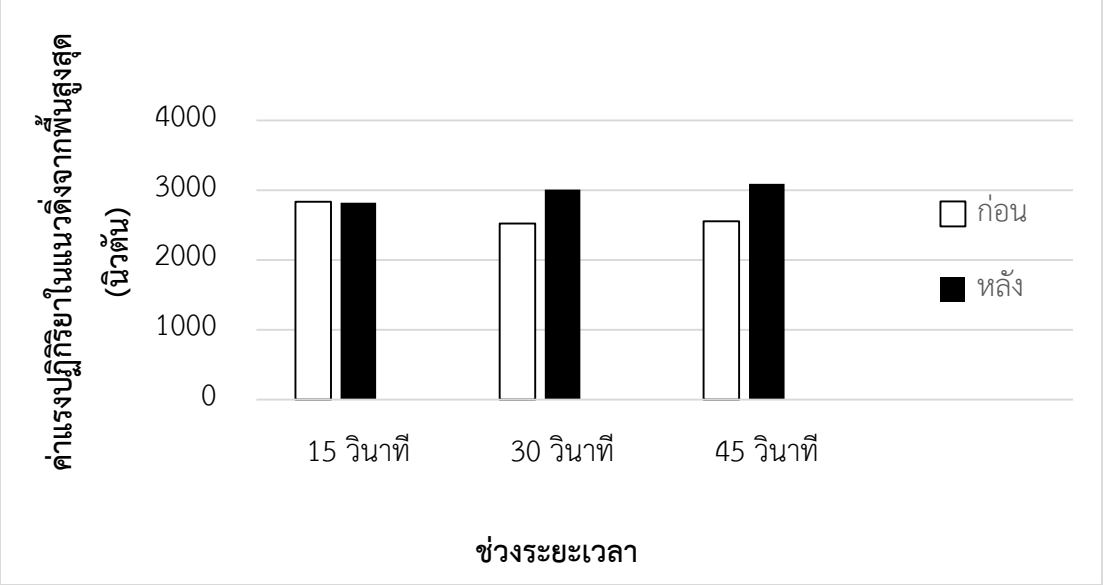
แหล่งความแปรปรวน	**SS**	**df**	**MS**	**F**	**P**
ท่าฝึก	180965.491	1	180965.491	0.241	0.625
ช่วงระยะเวลา	941234.805	2	470617.402	0.628	0.537
ท่าฝึก* ช่วงระยะเวลา	268798.400	2	134399.200	0.179	0.836
ความคลาดเคลื่อน	49476866.71	66	749649.496		
รวม	688502840.5	72			

จากตารางที่ 12 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของค่าเฉลี่ยแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุดหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย พบว่า ตัวแปรท่าฝึกที่ต่างกันไม่มีผลทำให้ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดหลังการฝึกแตกต่างกัน สำหรับตัวแปรช่วงระยะเวลาที่ต่างกัน ไม่มีผลทำให้ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดแตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 9 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุดจำแนกตามท่าฝึก



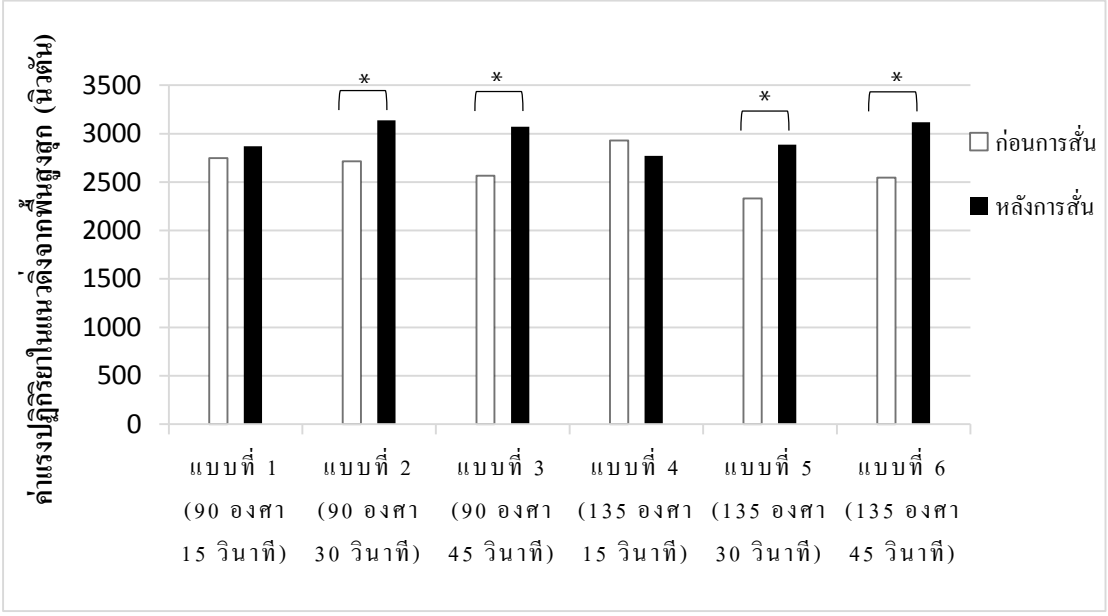
ภาพที่ 10 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุดจำแนกตามช่วงระยะเวลา

ผลของค่าแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุดก่อนและหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์แรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุดก่อนและหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบการทดลอง (N = 12)

		ก่อนการสั่น		หลังการสั่น		t	Sig	%Change
		$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD			
แรงปฏิกิริยาใน	แบบที่ 1	2746.64542	767.106881	2871.24875	759.181275	-.995	.341	4.54
แนวดิ่งจากพื้น	แบบที่ 2	2713.47075	794.939253	3136.71883	919.374255	-2.540	.027*	15.60
สูงสุด	แบบที่ 3	2565.69225	710.707386	3070.16467	1099.388457	-3.216	.008*	19.66
(นิวตัน)	แบบที่ 4	2928.27508	1041.284566	2771.74817	781.851604	.789	.447	-5.37
	แบบที่ 5	2332.50058	537.072771	2886.40300	713.740913	-2.768	.018*	23.75
	แบบที่ 6	2545.57358	531.003606	3119.17758	864.244609	-3.731	.003*	22.53

*p< 0.05



ภาพที่ 11 แสดงกราฟของค่าแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุดก่อนและหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบ

*p< 0.05 ค่าเฉลี่ยก่อนและหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 13 แสดงค่าแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุดก่อนและหลังการทดลอง พบว่า ค่าแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุดภายหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายในแบบที่ 2 แบบที่ 3 แบบที่ 5 และแบบที่ 6 มีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายในแบบที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 15.60 แบบที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 19.66 การสั่นสะเทือนทั้งร่างกายในแบบที่ 5 มีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 23.75 และการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายในแบบที่ 6 มีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 22.53

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเร็วสูงสุดของบาร์เบลก่อนและหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบการทดลอง ดังแสดงไว้ในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเร็วสูงสุดของบาร์เบลก่อนและหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบการทดลอง (N = 12)

	ความเร็วสูงสุดของบาร์เบล (เมตรต่อวินาที)			
	ก่อนการสั่น		**หลังการสั่น**	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
แบบที่ 1 (90 องศา / 15 วินาที)	2.49908	0.242994	2.60300	0.266713
แบบที่ 2 (90 องศา / 30 วินาที)	2.51667	0.151019	2.59717	0.154110
แบบที่ 3 (90 องศา / 45 วินาที)	2.55567	0.189031	2.61842	0.158312
แบบที่ 4 (135 องศา / 15 วินาที)	2.61467	0.129843	2.62125	0.125553
แบบที่ 5 (135 องศา / 30 วินาที)	2.56942	0.138189	2.69517	0.244379
แบบที่ 6 (135 องศา / 45 วินาที)	2.62608	0.197023	2.75450	0.270618

จากตารางที่ 14 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเร็วสูงสุดของบาร์เบลก่อนการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย แบบที่ 1 เท่ากับ 2.49908±0.242994 แบบที่ 2 เท่ากับ 2.51667±0.151019 แบบที่ 3 เท่ากับ 2.55567±0.189031 แบบที่ 4 เท่ากับ 2.61467±0.129843 แบบที่ 5 เท่ากับ 2.56942±0.138189 และ แบบที่ 6 เท่ากับ 2.62608±0.197023 โดยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเร็วสูงสุดของบาร์เบลก่อนการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายแบบที่ 6 มีค่ามากที่สุด และค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเร็วสูงสุดของบาร์เบลก่อนการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายแบบที่ 1 มีค่าน้อยที่สุด

ในขณะที่ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเร็วสูงสุดของบาร์เบลหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย แบบที่ 1 เท่ากับ 2.60300±0.266713 แบบที่ 2 เท่ากับ 2.59717±0.154110 แบบที่ 3 เท่ากับ 2.61842±0.158312 แบบที่ 4 เท่ากับ 2.62125±0.125553 แบบที่ 5 เท่ากับ 2.69517±0.244379 และแบบที่ 6 เท่ากับ 2.75450±0.270618 โดยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเร็วสูงสุดของบาร์เบลหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายแบบที่ 6 มีค่ามากที่สุด และค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเร็วสูงสุดของบาร์เบลหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายแบบที่ 2 มีค่าน้อยที่สุด

ผลของการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของค่าเฉลี่ยความเร็วสูงสุดของบาร์เบลก่อนการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของค่าเฉลี่ยความเร็วสูงสุดของบาร์เบลก่อนการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบการทดลอง (N = 12)

แหล่งความแปรปรวน	**SS**	**df**	**MS**	**F**	**P**
ท่าฝึก	0.114	1	0.114	3.556	0.064
ช่วงระยะเวลา	0.029	2	0.015	0.454	0.637
ท่าฝึก* ช่วงระยะเวลา	0.013	2	0.006	0.197	0.822
ความคลาดเคลื่อน	2.116	66	0.032		
รวม	475.458	72			

จากตารางที่ 15 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของค่าเฉลี่ยความเร็วสูงสุดของบาร์เบลก่อนการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย พบว่า ตัวแปรท่าฝึกที่ต่างกันไม่มีผลทำให้ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดหลังการฝึกแตกต่างกัน สำหรับตัวแปรช่วงระยะเวลาที่ต่างกัน ไม่มีผลทำให้ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดแตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

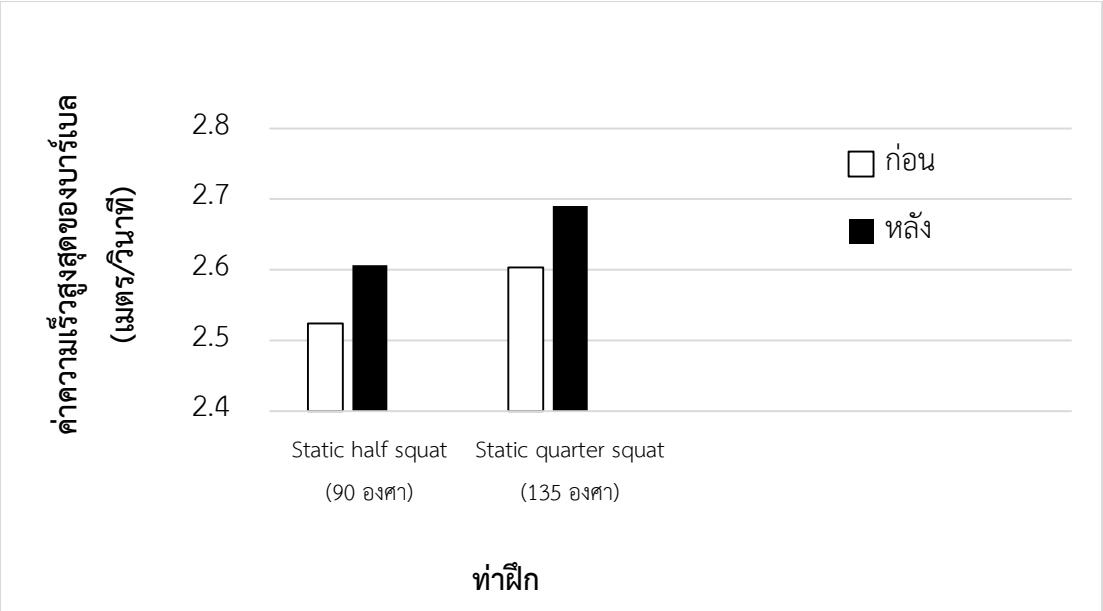
ผลของการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของค่าเฉลี่ยความเร็วสูงสุดของบาร์เบลหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของค่าเฉลี่ยความเร็วสูงสุดของบาร์เบลหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบการทดลอง (N = 12)

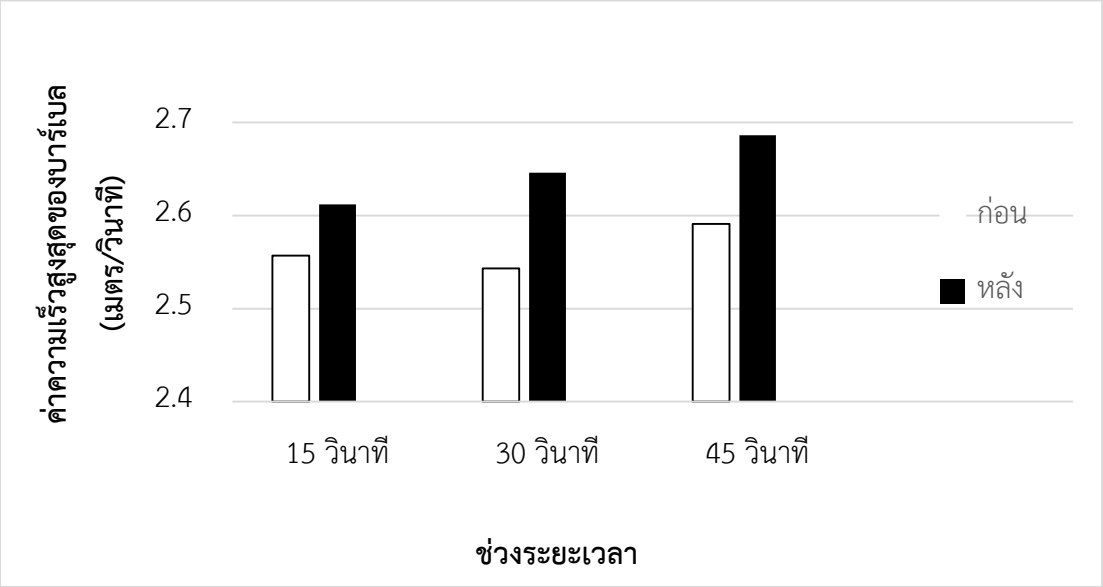
แหล่งความแปรปรวน	**SS**	**df**	**MS**	**F**	**P**
ท่าฝึก	0.127	1	0.127	2.844	0.096
ช่วงระยะเวลา	0.066	2	0.033	0.742	0.480
ท่าฝึก* ช่วงระยะเวลา	0.043	2	0.022	0.485	0.618
ความคลาดเคลื่อน	2.955	66	0.045		
รวม	508.145	72			

จากตารางที่ 16 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของค่าเฉลี่ยความเร็วสูงสุดของบาร์เบลหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย พบว่า ตัวแปรท่าฝึกที่ต่างกันไม่มีผลทำให้ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดหลังการฝึกแตกต่างกัน สำหรับตัวแปรช่วงระยะเวลาที่ต่างกัน ไม่มีผลทำให้ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดแตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 12 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเร็วสูงสุดของบาร์เบลจำแนกตามท่าฝึก



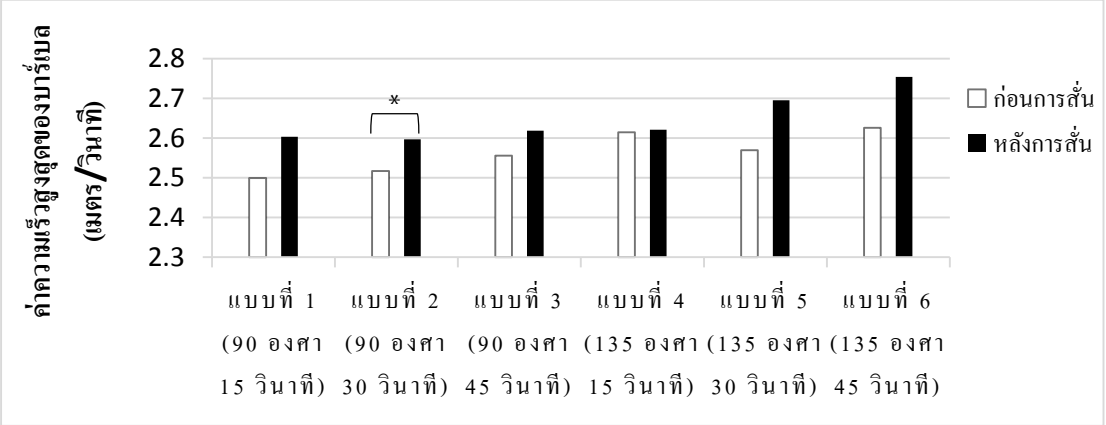
ภาพที่ 13 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเร็วสูงสุดของบาร์เบลจำแนกตามช่วงระยะเวลา

ผลของความเร็วสูงสุดของบาร์เบลก่อนและหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์ความเร็วสูงสุดของบาร์เบลก่อนและหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบการทดลอง (N = 12)

		ก่อนการสั่น		หลังการสั่น		t	Sig	%Change
		$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD			
ความเร็วสูงสุดของบาร์เบล (เมตรต่อวินาที)	แบบที่ 1	2.49908	0.242994	2.60300	0.266713	-1.113	.289	4.04
	แบบที่ 2	2.51667	0.151019	2.59717	0.154110	-2.384	.036*	3.20
	แบบที่ 3	2.55567	0.189031	2.61842	0.158312	-1.631	.131	2.46
	แบบที่ 4	2.61467	0.129843	2.62125	0.125553	-.185	.857	0.25
	แบบที่ 5	2.56942	0.138189	2.69517	0.244379	-1.564	.146	5.06
	แบบที่ 6	2.62608	0.197023	2.75450	0.270618	-1.554	.148	4.72

*p< 0.05



ภาพที่ 14 แสดงกราฟของค่าแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุดก่อนและหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบ

*p< 0.05 ค่าเฉลี่ยก่อนและหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 17 แสดงค่าความเร็วสูงสุดของบาร์เบลก่อนและหลังการทดลอง พบว่าความเร็วสูงสุดของบาร์เบลภายหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายในแบบที่ 2 มีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 3.20

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดลองในกลุ่มตัวอย่าง คือ นักกีฬากรีฑาและนักกีฬาซอฟต์บอลของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศหญิง อายุ 18-22 ปี จำนวน 12 คน โดยมีค่าความแข็งแรงสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 2.5-4.0 ผู้วิจัยให้กลุ่มตัวอย่างทำการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย (2x3) แบบการทดลองรวมทั้งหมด 6 แบบการทดลอง ตามการถ่วงดุลลำดับ โดยทำการทดลองสัปดาห์ละ 1 แบบการทดลองเป็นเวลา 6 สัปดาห์

แบบการทดลองที่ 1 ทำท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา ช่วงระยะเวลา 15 วินาที โดยใช้ความถี่ 45 เฮิรตซ์ แอมพลิจูดในการสั่น 4 มิลลิเมตร (90°/15s)

แบบการทดลองที่ 2 ทำท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา ช่วงระยะเวลา 30 วินาที โดยใช้ความถี่ 45 เฮิรตซ์ แอมพลิจูดในการสั่น 4 มิลลิเมตร (90°/30s)

แบบการทดลองที่ 3 ทำท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา ช่วงระยะเวลา 45 วินาที โดยใช้ความถี่ 45 เฮิรตซ์ แอมพลิจูดในการสั่น 4 มิลลิเมตร (90°/45s)

แบบการทดลองที่ 4 ทำท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 135 องศา ช่วงระยะเวลา 15 วินาที โดยใช้ความถี่ 45 เฮิรตซ์ แอมพลิจูดในการสั่น 4 มิลลิเมตร (135°/15s)

แบบการทดลองที่ 5 ทำท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 135 องศา ช่วงระยะเวลา 30 วินาที โดยใช้ความถี่ 45 เฮิรตซ์ แอมพลิจูดในการสั่น 4 มิลลิเมตร (135°/30s)

แบบการทดลองที่ 6 ทำท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 135 องศา ช่วงระยะเวลา 45 วินาที โดยใช้ความถี่ 45 เฮิรตซ์ แอมพลิจูดในการสั่น 4 มิลลิเมตร (135°/45s)

โดยในช่วงของการทดสอบจะทำการทดสอบทั้งหมด 2 ครั้ง คือ ก่อนและหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย โดยค่าที่ได้จากการกระโดดด้วยความสามารถสูงสุด 1 ครั้ง

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากการทดลองของผู้เข้าร่วมการทดลองที่ทำการทดลองทั้ง 12 คน มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics 20

1. นำผลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

2. วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยก่อนและหลังการทดลองภายในการทดลองทั้ง 6 กลุ่มการทดลอง โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two-way ANOVA) ที่ระดับความมี

นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากเป็นการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมการทดลองตั้งแต่ 2 กลุ่มขึ้นไป โดยมีตัวแปรอิสระ 2 ตัว ซึ่งถ้าพบความแตกต่างจึงเปรียบเทียบรายคู่โดยวิธีการของแอลเอสดี

3. วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยก่อนการทดลองและหลังการทดลองในแต่ละแบบโดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมการทดลองก่อนและหลังการทดลอง โดยการทดสอบค่าที (t-test) แบบไม่เป็นอิสระต่อกัน ทดสอบความมีนัยสำคัญที่ 0.05

สรุปผลการวิจัย

1. ค่าเฉลี่ยก่อนและหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบการทดลอง โดยการทดสอบ (Pair-Sample t-test) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยค่าเฉลี่ยพลังกล้ามเนื้อสูงสุดภายหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายแบบ (90°/30s), (90°/45s), (135°/30s) และ (135°/45s) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2. ค่าเฉลี่ยก่อนและหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two-way ANOVA) ระหว่างท่าฝึกกับช่วงระยะเวลา พบว่า ท่าฝึกที่ต่างกันไม่มีผลทำให้ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดหลังการฝึกแตกต่างกัน และช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกันไม่มีผลทำให้ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดแตกต่างกัน

3. ค่าเฉลี่ยก่อนและหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบการทดลอง โดยการทดสอบ (Pair-Sample t-test) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยค่าเฉลี่ยแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุดภายหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายแบบ (90°/30s), (90°/45s), (135°/30s) และ (135°/45s) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4. ค่าเฉลี่ยก่อนและหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two-way ANOVA) ระหว่างท่าฝึกกับช่วงระยะเวลา พบว่า ท่าฝึกที่ต่างกันไม่มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุดแตกต่างกัน และช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกันไม่มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุดแตกต่างกัน

5. ค่าเฉลี่ยก่อนและหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบการทดลอง โดยการทดสอบ (Pair-Sample t-test) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยค่าเฉลี่ยความเร็วสูงสุดของบาร์เบลภายหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายแบบ (90°/30s) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

6. ค่าเฉลี่ยก่อนและหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two-way ANOVA) ระหว่างท่าฝึกกับช่วงระยะเวลา พบว่า ท่าฝึกที่ต่างกันไม่มีผลทำให้

ค่าเฉลี่ยความเร็วสูงสุดของบาร์เบลแตกต่างกัน และช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกันไม่มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยความเร็วสูงสุดของบาร์เบล แตกต่างกัน

อภิปรายผลการวิจัย

จากสมมุติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ว่า การสั่นสะเทือนทั้งร่างกายโดยใช้ท่า Static quarter squat และช่วงระยะเวลาในการกระตุ้นมากขึ้นจะช่วยเพิ่มพลังกล้ามเนื้อได้มากขึ้น ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ แต่ผลการวิจัยที่ทดสอบด้วย (pair-sample t-test) พบว่า ภายหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายแบบ (90°/30s), (90°/45s), (135°/30s) และ (135°/45s) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 หมายความว่า การสั่นสะเทือนทั้งร่างกายรูปแบบดังกล่าวนั้นสามารถเพิ่มพลังกล้ามเนื้อสูงสุดได้

1. การเพิ่มขึ้นของพลังกล้ามเนื้อสูงสุดในแบบการทดลองที่ (90°/30s), (90°/45s), (135°/30s) และ (135°/45s) อาจเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของแรง โดยแบบการสั่นดังกล่าว ใช้ท่าฝึกแบบย่อตัวค้างไว้ และใช้ช่วงระยะเวลาในการสั่น 30 และ 45 วินาที การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบท่าย่อตัวค้างไว้ กล้ามเนื้อจะมีการหดตัวแบบไอโซเมทริกตลอดช่วงการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย การหดตัวของกล้ามเนื้อจะเกิดขึ้นเมื่อกล้ามเนื้อมีการพัฒนาความตึงขึ้นแต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของมุมข้อต่อหรือความยาวของกล้ามเนื้อ หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นการหดเกร็งอยู่กับที่ เป็นการหดตัวที่มีการสร้างแรงขึ้นเท่ากับแรงต้านทาน ซึ่งทำให้เกิดการระดมคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Fleck & Kraemer, 1997) สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุภัทรา ศิลปะบรรเลง และชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2558) ที่ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายต่อพลังกล้ามเนื้อขาในขณะกล้ามเนื้อหดตัวแบบอยู่กับที่ในท่าย่อตัวค้างไว้และการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่เพื่อหาประสิทธิภาพของแบบท่าทางในการสั่นสะเทือนต่อการเพิ่มพลังกล้ามเนื้อที่มากกว่า จากผลการศึกษา พบว่า ผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายในขณะกล้ามเนื้อหดตัวแบบอยู่กับที่ในท่าย่อตัวค้างไว้มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของพลังกล้ามเนื้อขา แต่ไม่เห็นผลกับการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ และงานวิจัยของ Bosco et al. (1998); Bosco et al. (2000); Cochrane and Stannard (2005) ที่ศึกษาผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย โดยกำหนดแบบท่าทางที่ใช้ในการสั่นสะเทือนแบบท่าย่อตัวค้างไว้ และพบว่าความสามารถในการกระโดดของท่า Vertical Jump และ Counter-movement jump เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มขึ้นในความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและพลังกล้ามเนื้อ งานวิจัยก่อนหน้าของ Cormie et al. (2006) ที่ศึกษาผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายต่อการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ ความแข็งแรง และพลัง เพื่อศึกษาผลของการทดสอบครั้งเดียวของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายที่มีต่อความสามารถในการกระโดดในท่า countermovement jump กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชายอายุ 19 - 23 ปี จำนวน 9 คน โดยกำหนดตัวแปรช่วงระยะเวลาในการสั่น 30 วินาที และใช้แบบ

ท่าทางในการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายในท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา พบว่า การสั่นสะเทือนมีผลต่อความสามารถในการกระโดดในท่า countermovement jump อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยความสูงในการกระโดดเพิ่มขึ้น 0.7 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งงานวิจัยของ Cochrane and Stannard (2005) ; Adamset al. (2009) ที่กำหนดช่วงระยะเวลาในการสั่น 30 วินาที พบว่า พลังกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น และการศึกษาของ Bazett-Jones et al. (2008) ได้ศึกษาผลของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายโดยเปรียบเทียบความเร่งที่ใช้ในการสั่นต่อความสามารถในการกระโดด กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชายและเพศหญิง จำนวน 44 คน ที่ไม่เคยได้รับการฝึกมาก่อน โดยใช้ช่วงระยะเวลาของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย 45 วินาที พบว่า ความสูงในการกระโดดที่ใช้ช่วงระยะเวลาของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย 45 วินาทีเพิ่มขึ้น ซึ่งความสูงในการกระโดดเพิ่มขึ้น 9.0 เปอร์เซ็นต์ และ 8.3 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

อาจสรุปได้ว่า การสั่นสะเทือนในรูปแบบดังกล่าวส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในการออกแรงและพลังในการทำงานได้มากขึ้น สอดคล้องกับ Cardinale and Bosco (2003) ที่กล่าวว่า การสั่นสามารถพัฒนาความแข็งแรงและพลังกล้ามเนื้อ ดังนั้นเมื่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นจึงเป็นผลให้พลังกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นด้วย

2. แต่เมื่อนำรูปแบบดังกล่าวมาวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two-way ANOVA) พบว่า ช่วงระยะเวลาในการกระตุ้นที่แตกต่างกันไม่มีผลทำให้ค่าพลังกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ แต่เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงระยะเวลา พบว่า ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดมีแนวโน้มที่เพิ่มมากขึ้นเมื่อช่วงระยะเวลาที่ใช้ในการสั่นเพิ่มขึ้น ในการวิจัยพบว่า ในช่วงระยะเวลา 45 วินาที ค่าพลังกล้ามเนื้อมีค่าสูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Cormie et al. (2006) ที่ศึกษาการใช้ช่วงระยะเวลาในการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย 30 วินาที ต่อความสูงในการกระโดดท่า Counter movement jump แล้วพบว่าความสูงในการกระโดดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (0.7 เปอร์เซ็นต์) แต่มีนัยสำคัญทางสถิติและสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bazett-jone et al. (2008) ที่ทำการศึกษาผลของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายที่มีต่อความสูงในการกระโดด และพบว่า ความสูงในการกระโดดที่ใช้ช่วงระยะเวลา 45 วินาที เพิ่มขึ้นมากกว่าช่วงระยะเวลา 30 วินาที นอกจากนี้งานวิจัยของ สุภัทรา ศิลปะบรรเลง และชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์ (2558) ที่ศึกษาผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายต่อพลังกล้ามเนื้อขาในขณะกล้ามเนื้อหดตัวแบบอยู่กับที่และเคลื่อนที่ โดยใช้ช่วงระยะเวลาในการสั่น 45 วินาที พบว่า พลังกล้ามเนื้อสูงสุดเพิ่มขึ้นภายหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายในขณะกล้ามเนื้อหดตัวอยู่กับที่ อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้กลับไม่พบความแตกต่างของค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดที่ช่วงระยะเวลาต่างกัน ทั้งนี้อาจเกิดจากกลุ่มตัวอย่างที่นำมาใช้ในการทดสอบมีสมรรถนะร่างกายต่างกัน ในงานวิจัยนี้นักกีฬามีค่าพลังกล้ามเนื้อโดยพื้นฐานสูงอยู่แล้ว เป็นผลให้

แบบการทดลองที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ไม่ส่งผลต่อการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อสูงสุด นอกจากนี้ตัวแปรปัจเจกบุคคลที่มีความแตกต่างในความสามารถในการตอบสนองของกล้ามเนื้อเมื่อถูกกระตุ้น ได้แก่ ปริมาณของชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อรวมถึงความสามารถในการระดมหน่วยยนต์อาจทำให้เกิดการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันไป

การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง พบว่า ท่าฝึกที่ต่างกันไม่มีผลทำให้ค่าพลังกล้ามเนื้อแตกต่างกัน เนื่องจากกลุ่มกล้ามเนื้อหลักที่สำคัญในการทำท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา (Static half squat) และ ท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 135 องศา (Static quarter squat) เป็นกลุ่มเดียวกัน จากกลไกการถูกกระตุ้นด้วยเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย ซึ่งการยืนในท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา และท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 135 องศา จะมีการถ่ายโอนพลังงานจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน โดยถ่ายโอนไปทีละส่วน เริ่มจากเท้าสู่น่อง น่องสู่ต้นขา และต้นขาสู่ลำตัว กล้ามเนื้อที่ถูกกระตุ้นน่าจะมีความใกล้เคียงกัน เนื่องจากกล้ามเนื้อที่ถูกกระตุ้นเป็นกล้ามเนื้อมัดเดียวกัน แม้ว่าปริมาณที่ถูกกระตุ้นในกล้ามเนื้อแต่ละมัดอาจไม่เท่ากัน เนื่องจากความแตกต่างของมุมที่ใช้ในการฝึก อย่างไรก็ตามปัจจัยดังกล่าวก็ไม่มีผลต่อค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุด

โดยสรุปจากผลการทดลองที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่า การสั่นสะเทือนทั้งร่างกายในแบบ (90°/30s), (90°/45s), (135°/30s) และ (135°/45s) เป็นแบบที่สามารถเพิ่มพลังกล้ามเนื้อสูงสุดภายหลังการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายได้ ซึ่งการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายโดยใช้ช่วงระยะเวลาในการกระตุ้นมากขึ้นไม่มีผลต่อค่าพลังกล้ามเนื้อ อย่างไรก็ตามช่วงระยะเวลาในการกระตุ้น 45 วินาที มีแนวโน้มที่จะช่วยเพิ่มค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดได้มากขึ้น ในทำนองเดียวกันแม้ว่าท่าฝึกที่ต่างกันจะไม่มีผลทำให้ค่าพลังกล้ามเนื้อแตกต่างกัน แต่ท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 135 องศา มีแนวโน้มที่จะช่วยเพิ่มค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุดมากขึ้น ซึ่งข้อมูลนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการฝึกนักกีฬาที่ต้องการเพิ่มพลังกล้ามเนื้อร่วมกับโปรแกรมการฝึกปกติได้

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. การฝึกด้วยเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกายนั้นเหมาะกับท่าฝึกแบบย่อตัวค้างไว้ และเมื่อฝึกแล้วสามารถนำไปใช้กับท่าเคลื่อนที่ได้เพื่อที่สามารถนำพลังกล้ามเนื้อไปใช้

2. จากการทดลองครั้งนี้ การสั่นสะเทือนทั้งร่างกายแบบ (90°/30s), (90°/45s), (135°/30s) และ (135°/45s) เป็นแบบที่ใช้เพิ่มพลังกล้ามเนื้อได้ เหมาะสำหรับใช้กับชนิดกีฬาที่มีการเคลื่อนไหวในแนวดิ่ง เช่น บาสเกตบอล วอลเลย์บอล และกระโดดสูง เป็นต้น

3. การสั่นสะเทือนทั้งร่างกายน่าจะวัดด้วยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (EMG) เพิ่มเติมในองศาการยืนที่ต่างกัน เพื่อให้ทราบมัดกล้ามเนื้อที่ทำให้เพิ่มพลังกล้ามเนื้อได้

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายต่อความล้าของกล้ามเนื้อ

2. ข้อสังเกตจากงานวิจัยครั้งนี้ การกระตุ้นโดยการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายอาจมีความเกี่ยวข้องทางจิตวิทยากับระดับความตื่นตัว (Arousal level) จากกฎของ Yerkes และ Dodson ที่กล่าวว่า ความตื่นตัวมีความเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการทำงาน ระดับความตื่นตัวที่เพิ่มขึ้นจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน แต่ความตื่นตัวที่มากเกินไปก็จะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลง ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าการกระตุ้นโดยการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายอาจทำให้ระดับความตื่นตัวแตกต่างกัน และผลของประสิทธิภาพในการสั่นนั้นแตกต่างกันด้วย อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีงานวิจัยที่อธิบายหรือสนับสนุนข้อสังเกตนี้ ทั้งนี้อาจต้องศึกษาต่อไปในอนาคต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

Abercromby, A. F., Amonette, W. E., Layne, C. S., McFarlin, B. K., Hinman, M. R., & Paloski, W. H. (2007). Vibration exposure and biodynamic responses during whole-body vibration training. *Medicine and science in Sports and Exercise,* 39(10), 1794.

Adams, J. B., Edwards, D., Serviette, D., Bedient, A. M., Huntsman, E., Jacobs, K. A., . . . Signorile, J. F. (2009). Optimal frequency, displacement, duration, and recovery patterns to maximize power output following acute whole-body vibration. *The Journal of Strength & Conditioning Research,* 23(1), 237-245.

Allen, n. L., & Anderson, J. C. (1996). The Vertical Jump: A Review of the Literature and a Team Case Study. *Strength & Conditioning Journal,* 18(1), 7-12.

Bazett-Jones, D. M., Finch, H. W., & Dugan, E. L. (2008). Comparing the effects of various whole-body vibration accelerations on counter-movement jump performance. *Journal of Sports Science & Medicine,* 7(1), 144.

Bompa, O. (1993). *Periodization of strength : the new wave in strength training*. Toronto: Veritas Publishing.

Bompa, O., & Cornacchia, L. J. (1998). *Serious strength training*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Bongiovanni, L., Hagbarth, K., & Stjernberg, L. (1990). Prolonged muscle vibration reducing motor output in maximal voluntary contractions in man. *The Journal of Physiology,* 423(1), 15-26.

Bosch, F., & Klomp, R. (2001). *Running : Biomechanics and Exercise Physiology Applied In Practice*. Netherlands: Churchill Livingstone.

Bosco, C., Cardinale, M., & Tsarpela, O. (1999). Influence of vibration on mechanical power and electromyogram activity in human arm flexor muscles. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology,* 79(4), 306-311.

Bosco, C., Cardinale, M., Tsarpela, O., Colli, R., Tihanyi, J., Von Duvillard, S., & Viru, A. (1998). The influence of whole body vibration on the mechanical behaviour of skeletal muscle. *Biol Sport,* 153, 157-164.

Bosco, C., Colli, R., Introini, E., Cardinale, M., Tsarpela, O., Madella, A., . . . Viru, A. (1999). Adaptive respsonses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clinical Physiology-Oxford-,* 19, 183-187.

Bosco, C., Iacovelli, M., Tsarpela, O., Cardinale, M., Bonifazi, M., Tihanyi, J., . . . Viru, A. (2000). Hormonal responses to whole-body vibration in men. *European Journal of Applied Physiology,* 81(6), 449-454.

Brzycki, M. (1993). Strength testing—predicting a one-rep max from reps-to-fatigue. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance,* 64(1), 88-90.

Cardinale, M., & Bosco, C. (2003). The use of vibration as an exercise intervention. *Exercise and Sport Sciences Reviews,* 31(1), 3-7.

Cardinale, M., & Lim, J. (2003). Electromyography activity of vastus lateralis muscle during whole-body vibrations of different frequencies. *The Journal of Strength & Conditioning Research,* 17(3), 621-624.

Cochrane, D., & Stannard, S. (2005). Acute whole body vibration training increases vertical jump and flexibility performance in elite female field hockey players. *British Journal of Sports Medicine,* 39(11), 860-865.

Cochrane, D. J., Stannard, S. R., Sargeant, A. J., & Rittweger, J. (2008). The rate of muscle temperature increase during acute whole-body vibration exercise. *European Journal of Applied Physiology,* 103(4), 441-448.

Cormie, P., Deane, R. S., Triplett, N. T., & McBride, J. M. (2006). Acute effects of whole-body vibration on muscle activity, strength, and power. *The Journal of Strength & Conditioning Research,* 20(2), 257-261.

Cunnington, R., Windischberger, C., Deecke, L., & Moser, E. (2002). The preparation and execution of self-initiated and externally-triggered movement: a study of event-related fMRI. *Neuroimage,* 15(2), 373-385.

De Ruiter, C., Van Raak, S., Schilperoort, J., Hollander, A., & De Haan, A. (2003). The effects of 11 weeks whole body vibration training on jump height, contractile properties and activation of human knee extensors. *European Journal of Applied Physiology,* 90(5-6), 595-600.

Delecluse, C., Roelants, M., & Verschueren, S. (2003). Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training. *Medicine and science in Sports and Exercise,* 35(6), 1033-1041.

Despina, T., George, D., George, T., Sotiris, P., George, K., Maria, R., & Stavros, K. (2014). Short-term effect of whole-body vibration training on balance, flexibility and lower limb explosive strength in elite rhythmic gymnasts. *Human Movement Science,* 33, 149-158.

Fleck, S. J., & Kraemer, W. J. (1997). Designing resistance training programs. *(2ed.)*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Foss, M. L., & Keteyian, S. J. (1998). *Fox's physiological basis for exercise and sport*: William C. Brown.

Gerodimos, V., Zafeiridis, A., Karatrantou, K., Vasilopoulou, T., Chanou, K., & Pispirikou, E. (2010). The acute effects of different whole-body vibration amplitudes and frequencies on flexibility and vertical jumping performance. *Journal of Science and Medicine in Sport,* 13(4), 438-443.

Hagbarth, K., & Eklund, G. (1969). The muscle vibrator--a useful tool in neurological therapeutic work. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine,* 1(1), 26.

Hazell, T. J., Jakobi, J. M., & Kenno, K. A. (2007). The effects of whole-body vibration on upper-and lower-body EMG during static and dynamic contractions. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism,* 32(6), 1156-1163.

Humphries, B., Warman, G., Purton, J., Doyle, T. L., & Dugan, E. (2004). The influence of vibration on muscle activation and rate of force development during maximal isometric contractions. *Journal of Sports Science & Medicine,* 3(1), 16.

Issurin, V., & Tenenbaum, G. (1999). Acute and residual effects of vibratory stimulation on explosive strength in elite and amateur athletes. *Journal of Sports Sciences,* 17(3), 177-182.

Kerschan-Schindl, K., Grampp, S., Henk, C., Resch, H., Preisinger, E., Fialka-Moser, V., & Imhof, H. (2001). Whole-body vibration exercise leads to alterations in muscle blood volume. *Clinical Physiology,* 21(3), 377-382.

Künnemeyer, J., & Schmidtbleicher, D. (1997). Beeinflussung der Reaktivität durch die rhythmische neuromuskuläre Stimulation (RNS). *Sportverletzung· Sportschaden,* 11(02), 39-42.

Luo, J., McNamara, B., & Moran, K. (2005). The use of vibration training to enhance muscle strength and power. *Sports Medicine,* 35(1), 23-41.

Meyer-Waarden, K. (1985). *Bioelektrische Signale und ihre Ableitverfahren*: Stuttgart; New York: Schattauer.

Naito, E., Kinomura, S., Geyer, S., Kawashima, R., Roland, P. E., & Zilles, K. (2000). Fast reaction to different sensory modalities activates common fields in the motor areas, but the anterior cingulate cortex is involved in the speed of reaction. *Journal of Neurophysiology,* 83(3), 1701-1709.

Newton, R. U., & Kraemer, W. J. (1994). Developing Explosive Muscular Power: Implications for a Mixed Methods Training Strategy. *Strength & Conditioning Journal,* 16(5), 20-31.

Patten, C., Kamen, G., Rowland, D., & Du, C. (1995). Rapid Adaptations of Motor Unit Firing Rate During the Initial Phase of Strength Development.: 34. *Medicine & Science in Sports & Exercise,* 27(5), S6.

Rittweger, J. (2010). Vibration as an exercise modality: how it may work, and what its potential might be. *European Journal of Applied Physiology,* 108(5), 877-904.

Rittweger, J., Beller, G., & Felsenberg, D. (2000). Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in man. *Clinical Physiology,* 20(2), 134-142.

Rittweger, J., Ehrig, J., Just, K., Mutschelknauss, M., Kirsch, K., & Felsenberg, D. (2002). Oxygen uptake in whole-body vibration exercise: influence of vibration frequency, amplitude, and external load. *International Journal of Sports Medicine,* 23(6), 428-432.

Rittweger, J., Schiessl, H., & Felsenberg, D. (2001). Oxygen uptake during whole-body vibration exercise: comparison with squatting as a slow voluntary movement. *European Journal of Applied physiology,* 86(2), 169-173.

Roelants, M., Delecluse, C., & Verschueren, S. M. (2004). Whole-Body-Vibration Training Increases Knee-Extension Strength and Speed of Movement in Older Women. *Journal of the American Geriatrics Society,* 52(6), 901-908.

Rushall, B. S. (1989). *Training for sports and fitness*. Melbourne, Australia: Macmillan.

Sisco, P., & Little, J. (1997). *Power factor training. A scientific approach to building lean muscle mass*. Chicago: Contemporary Books.

Torvinen, S., Kannus, P., Sievanen, H., Jarvinen, T. A., Pasanen, M., Kontulainen, S., . . . Vuori, I. (2002). Effect of four-month vertical whole body vibration on performance and balance. *Medicine and Science in Sports and Exercise,* 34(9), 1523-1528.

Torvinen, S., Sievänen, H., Järvinen, T., Pasanen, M., Kontulainen, S., & Kannus, P. (2002). Effect of 4-min vertical whole body vibration on muscle performance and body balance: a randomized cross-over study. *International Journal of Sports Medicine,* 23(5), 374-379.

Umberger, B. R. (1998). Mechanics of the Vertical Jump and Two-Joint Muscles: Implications for Training. *Strength & Conditioning Journal,* 20(5), 70-74.

Vargas, S. R. (2011). Whole Body Vibration in Anterior Cruciate Ligament Rehabilitation.

Weineck, J. (1990). *Functional anatomy in sports*: Year Book Medical Pub.

Wilmore, J., & Costill, D. (1994). Physiology of exercise and sport. *Champaing, IL: Human Kinetics*.

Wirth, B., Zurfluh, S., & Müller, R. (2011). Acute effects of whole-body vibration on trunk muscles in young healthy adults. *Journal of Electromyography and Kinesiology,* 21(3), 450-457.

Young, W. B., & Pryor, J. (2001). Resistance Training for Short Sprints and Maximum-Speed Sprints. *National Strength and Conditioning Association Journal,* 23(2), 7-13.

Yue, Z., & Mester, J. (2002). A model analysis of internal loads, energetics, and effects of wobbling mass during the whole-body vibration. *Journal of Biomechanics,* 35(5), 639-647.

Chulalongkorn University

ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์. (2547). เอกสารประกอบการสอนเทคนิคและโปรแกรมการฝึกกล้ามเนื้อ. กรุงเทพมหานคร: สำนักวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกร์มหาวิทยาลัย.

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และ กันยา ปาละวิวัธน์. (2536). สรีรวิทยาการออกกำลังกาย. กรุงเทพมหานคร: ธรรกมลการพิมพ์.

ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ และ สิทธา พงษ์พิบูลย์. (2554). สรีรวิทยาการออกกำลังกาย. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์บริษัทตรีณสาร จำกัด.

ธวัช วีระศิริวัตน์. (2538). หลักการฝึกกีฬา. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์.

สนธยา สีละมาด. (2555). หลักการฝึกกีฬาสำหรับผู้ฝึกสอนกีฬา. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิพม์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุภัทรา ศิลปบรรเลง และชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์. (2558). ผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายต่อพลังกล้ามเนื้อขาในขณะกล้ามเนื้อหดตัวแบบอยู่กับที่และเคลื่อนที่. *วารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ*, 16 (2).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
ใบรับรองโครงการวิจัย

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาคารสถาบัน 2 ชั้น 4 ซอยจุฬาลงกรณ์ 62 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
โทรศัพท์: 0-2218-8147 โทรสาร: 0-2218-8147 E-mail: eccu@chula.ac.th

---

COA No. 037/2558

ใบรับรองโครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 212.1/57 : ผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายโดยใช้ท่าฝึกและช่วงระยะเวลาแตกต่างกันที่มีต่อพลังกล้ามเนื้อ

ผู้วิจัยหลัก : นางสาวสลิษา ยูนุช

หน่วยงาน : คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้พิจารณา โดยใช้หลัก ของ The International Conference on Harmonization – Good Clinical Practice (ICH-GCP) อนุมัติให้ดำเนินการศึกษาวิจัยเรื่องดังกล่าวได้

ลงนาม.....
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ปรีดา ทัศนประดิษฐ)
ประธาน

ลงนาม.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทรี ชัยชนะวงศาโรจน์)
กรรมการและเลขานุการ

วันที่รับรอง : 23 กุมภาพันธ์ 2558 **วันหมดอายุ** : 22 กุมภาพันธ์ 2559

เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

1) โครงการวิจัย
2) ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
3) ผู้วิจัย
4) แบบสอบถาม

เลขที่โครงการวิจัย 212.1/57
วันที่รับรอง 23 ก.พ. 2558
วันหมดอายุ 22 ก.พ. 2559

เงื่อนไข

1. ข้าพเจ้ารับทราบว่าเป็นการผิดจริยธรรม หากดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัยก่อนได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยฯ
2. หากใบรับรองโครงการวิจัยหมดอายุ การดำเนินการวิจัยต้องยุติ เมื่อต้องการต่ออายุต้องขออนุมัติใหม่ล่วงหน้าไม่ต่ำกว่า 1 เดือน พร้อมส่งรายงานความก้าวหน้าการวิจัย
3. ต้องดำเนินการวิจัยตามที่ระบุไว้ในโครงการวิจัยอย่างเคร่งครัด
*4. ใช้เอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และเอกสารเชิญเข้าร่วมวิจัย (ถ้ามี) **เฉพาะที่ประทับตราคณะกรรมการเท่านั้น***
5. หากเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ร้ายแรงในสถานที่เก็บข้อมูลที่ขออนุมัติจากคณะกรรมการ ต้องรายงานคณะกรรมการภายใน 5 วันทำการ
6. หากมีการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการวิจัย ให้ส่งคณะกรรมการพิจารณารับรองก่อนดำเนินการ
7. โครงการวิจัยไม่เกิน 1 ปี ส่งแบบรายงานสิ้นสุดโครงการวิจัย (AF 03-12) และบทคัดย่อผลการวิจัยภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น สำหรับโครงการวิจัยที่เป็นวิทยานิพนธ์ให้ส่งบทคัดย่อผลการวิจัย ภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น

ภาคผนวก ข
ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย ผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายโดยใช้ท่าฝึกและช่วงระยะเวลาแตกต่างกันที่มีต่อพลังกล้ามเนื้อ

ชื่อผู้วิจัย นางสาว สลิษา ยูนุช ตำแหน่ง นิสิตระดับมหาบัณฑิต

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพระราม 1 แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทรศัพท์มือถือ 09-1779-5704 E-mail : salisa.yunuch@gmail.com

เลขที่รับรองการวิจัย 212.1/57

วันที่รับรอง 23 ก.พ. 2558

วันหมดอายุ 22 ก.พ. 2559

เรียน ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทุกท่าน

ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมในการวิจัยก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัย มีความจำเป็นที่ท่านควรทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้ทำเพราะเหตุใด และเกี่ยวข้องกับอะไร กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบ และสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมหรือข้อมูลที่ไม่ชัดเจนได้ตลอดเวลา

โครงการนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Design) ศึกษาและเปรียบเทียบการกระตุ้นด้วยการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายโดยใช้ท่าฝึกและช่วงระยะเวลาแตกต่างกันมีผลฉับพลันต่อพลังกล้ามเนื้อแตกต่างกัน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายโดยใช้ท่าฝึกและช่วงระยะเวลาแตกต่างกันที่มีต่อพลังกล้ามเนื้อ
2. เพื่อเปรียบเทียบผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายระหว่างท่าฝึกและช่วงระยะเวลาแตกต่างกันที่มีต่อพลังกล้ามเนื้อ

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬากรีฑาและนักกีฬาซอฟต์บอลของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศหญิง อายุ 18 - 22 ปี ที่เข้าแข่งขันกีฬามหาวิทยาลัยครั้งที่ 42 จำนวน 12 คน ซึ่งผู้เข้าร่วมการทดลองทั้ง 12 คน ต้องทำการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้งหมด 6 การทดลองตามการถ่วงดุลลำดับ (Counterbalancing)

ซึ่งผู้วิจัยใช้วิธีการเลือกผู้เข้าร่วมการทดลองแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ในนักกีฬากรีฑาและนักกีฬาซอฟต์บอลของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศหญิง อายุ 18 - 22 ปี ที่เข้าแข่งขันกีฬามหาวิทยาลัยครั้งที่ 42 และต้องมีคุณสมบัติอยู่ในเกณฑ์การคัดเข้าของงานวิจัย

เกณฑ์การคัดเข้า

1) ผู้เข้าร่วมการทดลองต้องเป็นนักกีฬากรีฑาและนักกีฬาซอฟต์บอลของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศหญิง ช่วงอายุ 18 - 22 ปี ที่เข้าแข่งขันกีฬามหาวิทยาลัยครั้งที่ 42

2) เป็นผู้ที่ไม่มีการบาดเจ็บทางร่างกายและไม่มีโรคประจำตัว

3) เป็นผู้ที่มีค่าความแข็งแรงสัมบูรณ์ (Relative strength) อยู่ในช่วง 2.5 – 4.0

เกณฑ์การคัดออก

1) ผู้เข้าร่วมการทดลองมีความต้องการที่จะออกจากการทดลอง

2) เป็นผู้ที่เข้าร่วมการทดลองต่ำกว่า 3 ครั้ง

โดยการคัดเลือกนั้น ผู้วิจัยจะนำผู้เข้าร่วมการทดลองมาทำการทดสอบหาค่าความแข็งแรงสัมบูรณ์ (Relative strength) เพื่อคัดกรองว่าผู้สมัครมีคุณสมบัติอยู่ในเกณฑ์การคัดเข้าของงานวิจัย

การหาค่าความแข็งแรงสัมบูรณ์ผู้วิจัยจะเป็นผู้ทดสอบ กรณีที่มีผู้ผ่านเกณฑ์เกินกว่าจำนวนที่กำหนด ผู้วิจัยจะทำการการสุ่มโดยการจับฉลากเลือกผู้เข้าร่วมการทดลองเพียง 12 คน จากจำนวนทั้งหมด และในกรณีที่มีผู้ที่ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดผู้วิจัยจะมอบของที่ระลึกเป็นปากกาให้กับผู้ที่ไม่ผ่านเกณฑ์ทุกคน

กระบวนการวิจัย

ผู้วิจัยจะเป็นผู้ชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับขั้นตอนการทดลองรวมถึงความเสี่ยงและประโยชน์ต่าง ๆ ที่*ผู้เข้าร่วมการทดลอง*อาจได้รับจากการเข้าร่วม โดยผู้เข้าร่วมการทดลองต้องมาเข้าร่วมการทดลองตามวันที่กำหนด และในการทดลองทุกครั้งผู้เข้าร่วมการทดลองต้องแต่งกายด้วยชุดกีฬาและสวมรองเท้ากีฬา เมื่อ*ผู้เข้าร่วมการทดลอง*ทราบรายละเอียด และยินดีเข้าร่วมการวิจัย จึงให้*ผู้เข้าร่วมการทดลอง*ลงนามยินยอม *หลังจากที่ผู้เข้าร่วมการทดลองให้ความยินยอมในการเข้าร่วมการวิจัยแล้ว ผู้วิจัยจะขอให้ท่านทำการทดลองและทดสอบที่ศูนย์ทดสอบ วิจัย วัสดุและอุปกรณ์ทางการกีฬาคณะวิทยาศาสตร์การกีฬาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*

การทดลองมีขั้นตอนดังนี้

1. *ผู้เข้าร่วมการทดลอง*ทำการอบอุ่นร่างกาย (Warm up) โดยการปั่นจักรยาน (Cycle ergometer) เป็นเวลา 5 นาที ความหนักที่ 60% HRR

2. *ผู้เข้าร่วมการทดลอง*ซ้อมกระโดดท่าย่อตัวให้เข่าทำมุม 90 องศา 2 ครั้ง และภายหลังการฝึกซ้อม *ผู้เข้าร่วมการทดลอง*พักเป็นเวลา 1 นาที เพื่อป้องกันการล้าของกล้ามเนื้อขา

3. ทำการทดสอบพลังกล้ามเนื้อก่อนทำการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายตามการทดลองโดยการกระโดดบนเครื่อง FT 700 Power System ด้วยแรงสูงสุดในท่าย่อตัวให้เข่าทำมุม 90 องศา จำนวน 1 ครั้ง

เลขที่โครงการวิจัย 212.1/57
วันที่รับรอง 23 ก.พ. 2558
วันหมดอายุ 22 ก.พ. 2559

4. ทำการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายตามการทดลองตามการถ่วงดุลลำดับ

การทดลองที่ 1 ทำท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา ช่วงระยะเวลา 15 วินาที โดยใช้ความถี่ 45 เฮิรตซ์ แอมพลิจูดในการสั่น 4 มิลลิเมตร

การทดลองที่ 2 ทำท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา ช่วงระยะเวลา 30 วินาที โดยใช้ความถี่ 45 เฮิรตซ์ แอมพลิจูดในการสั่น 4 มิลลิเมตร

การทดลองที่ 3 ทำท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา ช่วงระยะเวลา 45 วินาที โดยใช้ความถี่ 45 เฮิรตซ์ แอมพลิจูดในการสั่น 4 มิลลิเมตร

การทดลองที่ 4 ทำท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 135 องศา ช่วงระยะเวลา 15 วินาที โดยใช้ความถี่ 45 เฮิรตซ์ แอมพลิจูดในการสั่น 4 มิลลิเมตร

การทดลองที่ 5 ทำท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 135 องศา ช่วงระยะเวลา 30 วินาที โดยใช้ความถี่ 45 เฮิรตซ์ แอมพลิจูดในการสั่น 4 มิลลิเมตร

การทดลองที่ 6 ทำท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 135 องศา ช่วงระยะเวลา 45 วินาที โดยใช้ความถี่ 45 เฮิรตซ์ แอมพลิจูดในการสั่น 4 มิลลิเมตร

ทั้งนี้ การกำหนดมุมในการงอเข่าของท่าฝึกในขณะทดลองอยู่บนเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย จะใช้เครื่องมือวัดองศา (Goniometer) เป็นตัววัดมุม

5. ทำการทดสอบพลังกล้ามเนื้อทันทีหลังทำการสั่นตามการทดลองตามขั้นตอนที่ 3

ทั้งนี้ ผู้เข้าร่วมการทดลองต้องทำการทดลองตามแบบการทดลองการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายจำนวนทั้งหมด 6 ครั้ง โดยทำการทดลองสัปดาห์ละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ทำการทดลองในวันเสาร์ของสัปดาห์นั้น ๆ ผู้เข้าร่วมการทดลองทั้ง 12 คน ทำการทดลองและทดสอบทีละคนตามการถ่วงดุลลำดับ เมื่อคนแรกสิ้นสุดการทดลองและทดสอบแล้ว จึงจะทำการทดลองในคนถัดไปตามลำดับ และผู้เข้าร่วมการทดลองต้องทำการทดสอบพลังกล้ามเนื้อก่อนและหลังการสั่นในทุกครั้งของการทดลอง ระยะเวลาในการทดลองแต่ละครั้งประมาณ 10 นาที โดยทำการทดลองและทดสอบที่ศูนย์ทดสอบ วิจัย วัสดุและครุภัณฑ์ทางการกีฬาคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งมีผู้วิจัยเป็นผู้ฝึกการทดลอง

เลขที่โครงการวิจัย 212.1/57
วันที่รับรอง 23 ก.พ. 2558
วันหมดอายุ 22 ก.พ. 2559

ตารางที่ 2 แสดงการถ่วงดุลลำดับของการทดลองทั้ง 6 การทดลอง

รอบ	การทดลอง ที่ 1	การทดลอง ที่ 2	การทดลอง ที่ 3	การทดลอง ที่ 4	การทดลอง ที่ 5	การทดลอง ที่ 6
สัปดาห์ที่ 1	คนที่ 1 - 2	คนที่ 3 - 4	คนที่ 5 - 6	คนที่ 7 - 8	คนที่ 9 – 10	คนที่ 11 – 12
สัปดาห์ที่ 2	คนที่ 3 - 4	คนที่ 5 - 6	คนที่ 7 - 8	คนที่ 9 – 10	คนที่ 11 – 12	คนที่ 1 - 2
สัปดาห์ที่ 3	คนที่ 5 - 6	คนที่ 7 - 8	คนที่ 9 – 10	คนที่ 11 – 12	คนที่ 1 - 2	คนที่ 3 - 4
สัปดาห์ที่ 4	คนที่ 7 - 8	คนที่ 9 – 10	คนที่ 11 – 12	คนที่ 1 - 2	คนที่ 3 - 4	คนที่ 5 - 6
สัปดาห์ที่ 5	คนที่ 9 – 10	คนที่ 11 – 12	คนที่ 1 - 2	คนที่ 3 - 4	คนที่ 5 - 6	คนที่ 7 - 8
สัปดาห์ที่ 6	คนที่ 11 – 12	คนที่ 1 - 2	คนที่ 3 - 4	คนที่ 5 - 6	คนที่ 7 - 8	คนที่ 9 – 10

ระยะเวลาในการทดลองทั้งหมด 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 1 วัน ทำการทดลองวันเสาร์ของสัปดาห์นั้น ๆ ในแต่ละวันของการฝึกผู้วิจัยจะมีของว่าง 1 ชุด มอบให้กับผู้เข้าร่วมการทดลอง และผู้วิจัยจะมอบของที่ระลึกเป็นเสื้อยืดคอกลมสีขาวตราจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CU ให้กับผู้เข้าร่วมการทดลองทุกคน ภายหลังจากเสร็จสิ้นการทดลอง

ลงชื่อโครงการวิจัย 212.1/57
วันที่รับรอง 23 ก.พ. 2558
วันหมดอายุ 22 ก.พ. 2559

อันตรายหรือความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น

การวิจัยครั้งนี้ไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงใดๆ ในการทดลอง โปรแกรมการฝึกที่ผู้วิจัยกำหนดจึงมีการตรวจสอบ วิธีการดำเนินวิจัยอย่างรอบคอบ โดยได้รับการดูแลอย่างใกล้ชิดจากผู้วิจัย เพื่อมิให้เกิดความเสี่ยงใดๆ ที่ทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย ผู้เข้าร่วมการทดลองอาจเกิดอาการมึนงง เมื่อยล้ากล้ามเนื้อขาในขณะทำการทดลองบนเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย แต่หลังจากทำการทดลอง อาการดังกล่าวจะหายเป็นปกติในเวลาอันสั้น ทั้งนี้ก่อนและหลังการทดลองจะมีการแนะนำให้ผู้เข้าร่วมการทดลองอบอุ่นร่างกายและผ่อนคลายร่างกาย เพื่อป้องกันการบาดเจ็บที่จะเกิดขึ้น หากพบว่าขณะทำการทดลองมีอาการบาดเจ็บขึ้น จะให้หยุดการทดสอบและผู้วิจัยจะประเมินอาการเบื้องต้น กรณีที่มีการบาดเจ็บเล็กน้อย ผู้วิจัยจะให้นั่งพักปฐมพยาบาลเบื้องต้น ถ้ามีการบาดเจ็บที่รุนแรงผู้วิจัยจะนำส่งสถานพยาบาลทันที ทั้งนี้ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องรีบแจ้งให้ผู้วิจัยทราบโดยทันที เพื่อที่ผู้วิจัยจะทำการรับผิดชอบในการส่งต่อ ณ สถานพยาบาลและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการดูแลรักษา

ประโยชน์ในการเข้าร่วมวิจัย

ผู้เข้าร่วมการทดลองจะได้รับประโยชน์จากการเข้าร่วมวิจัยดังนี้

1. ได้ทราบท่าฝึกและช่วงระยะเวลาที่ใช้ในการสั่นสะเทือนที่สามารถเพิ่มพลังกล้ามเนื้อสูงสุด ซึ่งสามารถนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อสำหรับการฝึกซ้อม

2. ข้อมูลที่ได้นั้นสามารถเป็นประโยชน์ต่อทางวิชาการในการกำหนดค่าตัวแปรที่จะใช้ในการสั่นสะเทือนสำหรับใช้เป็นส่วนหนึ่งในการฝึกเพื่อเพิ่มพลังกล้ามเนื้อสูงสุด

3. ข้อมูลที่ได้นั้นสามารถเป็นประโยชน์ต่อนักกีฬาประเภทอื่นที่ต้องการเพิ่มพลังกล้ามเนื้อสูงสุดในรูปแบบการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายต่อไปในอนาคต

การพิทักษ์สิทธ์ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

การพิทักษ์สิทธ์ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย โดยผู้วิจัยพบกลุ่มตัวอย่างและแนะนำตัว อธิบายวัตถุประสงค์ขั้นตอนของการเก็บข้อมูล และประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย พร้อมทั้งขอความร่วมมือในการทำวิจัยด้วยความสมัครใจ การตอบรับหรือการปฏิเสธเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้จะไม่มีผลต่อประโยชน์ที่พึงได้รับ ผู้เข้าร่วมการทดลองสามารถแจ้งออกจากการทดลองได้ก่อนการทดลองสิ้นสุดลงโดยไม่ต้องแจ้งเหตุผลหรือคำบรรยายใดๆ ข้อมูลทุกอย่างจะถือเป็นความลับและนำมาใช้ตามวัตถุประสงค์ในการวิจัยครั้งนี้เท่านั้น ผลการทดลองจะเสนอภาพรวม หากท่านมีข้อสงสัยเกี่ยวกับโครงการวิจัยให้สอบถามเพิ่มเติมได้โดยสามารถติดต่อกับผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการทดลอง ผู้วิจัยจะแจ้งให้ผู้เข้าร่วมการทดลองทราบอย่างรวดเร็ว

การเปิดเผยข้อมูล

ข้อมูลส่วนตัว และข้อมูลอื่นๆที่อาจนำไปสู่การเปิดเผยของตัวท่านจะได้รับการปกปิด ข้อมูลใดที่สามารถระบุถึงตัวท่านได้จะไม่ปรากฏในรายงาน ยกเว้นว่าได้รับการยินยอมจากท่าน ข้อมูลของท่านจะถูกเก็บไว้เป็นความลับเฉพาะคณะผู้วิจัย ผู้กำกับการดูแลวิจัย ผู้ตรวจสอบ และคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรม และจะเปิดเผยผลการวิจัยในภาพรวม หากท่านมีข้อสงสัยประการใด กรุณาติดต่อ นางสาวสลิษา ยูนุช โทรศัพท์มือถือ 09-1779-5704 E-mail: salisa.yunuch@gmail.com

หากท่านไม่ได้รับการปฏิบัติตรงตามที่ได้ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย ท่านสามารถร้องเรียนได้ที่คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชั้น 4 อาคารสถาบัน 2 ซอยจุฬาลงกรณ์ 62 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0-2218-8147, 0-2218-8141 โทรสาร 0-2218-8147 E-mail: eccu@chula.ac.th

ขอขอบคุณความร่วมมือของท่านมา ณ ที่นี้

นางสาวสลิษา ยูนุช

เลขที่โครงการวิจัย 212.1/57

วันที่รับรอง 23 ก.พ. 2558

วันหมดอายุ 22 ก.พ. 2559

ภาคผนวก ค
หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

ทำที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

เลขที่ ประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย.....

ข้าพเจ้า ซึ่งได้ลงนามท้ายหนังสือนี้ ขอแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย ผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายโดยใช้ท่าฝึกและช่วงระยะเวลาแตกต่างกันที่มีต่อพลังกล้ามเนื้อ

ชื่อผู้วิจัย นางสาวสลิษา ยูนุช ตำแหน่ง นิสิตระดับมหาบัณฑิต

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์

ที่อยู่ที่ติดต่อผู้วิจัย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทรศัพท์มือถือ 09-1779-5704 **E-mail :** salisa.yunuch@gmail.com

ข้าพเจ้า ได้รับทราบรายละเอียดเกี่ยวกับที่มาและวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย รายละเอียดขั้นตอนต่างๆ ที่จะต้องปฏิบัติหรือได้รับการปฏิบัติ ความเสี่ยง/อันตราย และประโยชน์ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการวิจัยเรื่องนี้ โดยได้อ่านรายละเอียดในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยตลอด และได้รับคำอธิบายจากผู้วิจัย จนเข้าใจเป็นอย่างดีแล้ว

ข้าพเจ้าจึงสมัครใจเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ตามที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยข้าพเจ้ายินยอมปฏิบัติตามการทดลองการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายโดยใช้ท่าฝึกและช่วงระยะเวลาแตกต่างกันที่มีต่อพลังกล้ามเนื้อ จำนวน 6 ครั้ง สัปดาห์ละ 1 ครั้งการทดลอง ทำการทดลองวันเสาร์ของสัปดาห์นั้นๆ เป็นระยะเวลาทั้งหมด 6 สัปดาห์ *และยินยอมทดสอบพลังกล้ามเนื้อก่อนและหลังการสั่นในทุกครั้งของการทดลอง รวมทั้งหมดจำนวน 12 ครั้งการทดสอบ ระยะเวลาในการทดลองและทดสอบแต่ละครั้งประมาณ 10 นาที* ข้าพเจ้ามีสิทธิถอนตัวออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ ตามความประสงค์ โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยนั้น จะไม่มีผลต่อการศึกษาหรือผลกระทบในทางใดๆ ต่อข้าพเจ้าทั้งสิ้น

ข้าพเจ้าได้รับคำรับรองว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติต่อข้าพเจ้าตามข้อมูลที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และข้อมูลใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้าพเจ้า ผู้วิจัยจะเก็บรักษาเป็นความลับ โดยจะนำเสนอข้อมูลการวิจัยเป็นภาพรวมเท่านั้น ไม่มีข้อมูลใดในการรายงานที่จะนำไปสู่การระบุตัวข้าพเจ้า

หากข้าพเจ้าไม่ได้รับการปฏิบัติตรงตามที่ได้ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย ข้าพเจ้าสามารถร้องเรียนได้ที่คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชั้น 4 อาคารสถาบัน 2 ซอยจุฬาลงกรณ์ 62 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0-2218-8147, 0-2218-8141 โทรสาร 0-2218-8147 E-mail: eccu@chula.ac.th

ข้าพเจ้าได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน ทั้งนี้ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และสำเนาหนังสือแสดงความยินยอมไว้แล้ว

ลงชื่อ.....
(นางสาวสลิษา ยูนุช)
ผู้วิจัยหลัก

ลงชื่อ.....
(.....)
ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ลงชื่อ.....
(.....)
พยาน

เลขที่โครงการวิจัย 212.1/57
วันที่รับรอง 23 ก.พ. 2558
วันหมดอายุ 22 ก.พ. 2559

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการประเมินความแข็งแรงสัมบูรณ์ซึ่งเป็นเกณฑ์คัดเข้า

ทำที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

เลขที่ ประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย.....

ข้าพเจ้า ซึ่งได้ลงนามท้ายหนังสือนี้ ขอแสดงความยินยอมเข้าร่วมการคัดกรองเพื่อประเมินความแข็งแรงสัมบูรณ์ซึ่งเป็นเกณฑ์คัดเข้า

ชื่อโครงการวิจัย ผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายโดยใช้ท่าฝึกและช่วงระยะเวลาแตกต่างกันที่มีต่อพลังกล้ามเนื้อ

ชื่อผู้วิจัย นางสาวสลิษา ยูนุช ตำแหน่ง นิสิตระดับมหานัณฑิต

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินทร์ชัย อินทิราภรณ์

ที่อยู่ที่ติดต่อผู้วิจัย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทรศัพท์มือถือ 09-1779-5704 **E-mail :** salisa.yunuch@gmail.com

เลขที่โครงการวิจัย 212.1/57
วันที่รับรอง 23 ก.พ. 2558
วันหมดอายุ 22 ก.พ. 2559

ข้าพเจ้า ได้รับทราบรายละเอียดเกี่ยวกับที่มาและวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย รายละเอียดขั้นตอนต่างๆที่จะต้องปฏิบัติหรือได้รับการปฏิบัติ ความเสี่ยง/อันตราย และประโยชน์ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการวิจัยเรื่องนี้ โดยได้อ่านรายละเอียดในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยตลอด และได้รับคำอธิบายจากผู้วิจัย จนเข้าใจเป็นอย่างดีแล้ว

ข้าพเจ้าจึงสมัครใจเข้าร่วมประเมินความแข็งแรงสัมบูรณ์ซึ่งเป็นเกณฑ์คัดเข้าของวิจัยนี้ ตามที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยข้าพเจ้ายินยอมปฏิบัติตามการประเมินความแข็งแรงสัมบูรณ์ โดยการทดสอบหาค่า 1 RM บนเครื่อง Keiser A-300 squat โดยทำท่าย่อตัวให้เข่าทำมุม 90 องศา (Half squat) ด้านกับน้ำหนักที่กำหนดไว้ที่ตัวเครื่องจนกว่าจะไม่สามารถทำได้ ซึ่งน้ำหนักที่กำหนดที่ตัวเครื่องนั้น ข้าพเจ้าจะเป็นผู้ประมาณน้ำหนักที่น่าจะสามารถด้านได้ 5-6 ครั้ง จะทดสอบเพื่อใช้เป็นเกณฑ์คัดเข้าเพียงครั้งเดียว ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบประมาณ 10 นาที และข้าพเจ้ามีสิทธิถอนตัวออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ตามความประสงค์ โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยนั้น จะไม่มีผลต่อการศึกษาหรือผลกระทบในทางใดๆ ต่อข้าพเจ้าทั้งสิ้น

ข้าพเจ้าได้รับคำรับรองว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติต่อข้าพเจ้าตามข้อมูลที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และข้อมูลใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้าพเจ้า ผู้วิจัยจะเก็บรักษาเป็นความลับ โดยจะนำเสนอข้อมูลการวิจัยเป็นภาพรวมเท่านั้น ไม่มีข้อมูลใดในการรายงานที่จะนำไปสู่การระบุตัวข้าพเจ้า

หากข้าพเจ้าไม่ได้รับการปฏิบัติตรงตามที่ได้ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย ข้าพเจ้าสามารถร้องเรียนได้ที่คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชั้น 4 อาคารสถาบัน 2 ซอยจุฬาลงกรณ์ 62 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0-2218-8147, 0-2218-8141 โทรสาร 0-2218-8147 E-mail: eccu@chula.ac.th

ข้าพเจ้าได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน ทั้งนี้ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และสำเนาหนังสือแสดงความยินยอมไว้แล้ว

ลงชื่อ.....
(นางสาวสลิษา ยูนุช)
ผู้วิจัยหลัก

ลงชื่อ.....
(.....)
ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ลงชื่อ.....
(.....)
พยาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง
แบบคัดกรองผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

Subject number..... วันที่.....

แบบสอบถามคัดกรองผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมายถูกลงใน ☐ หรือเติมข้อความลงในช่องว่างตรงตามความเป็นจริง

1. ท่านเป็นนักกีฬากรีฑาและนักกีฬาซอฟต์บอลของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศหญิง ที่เข้าแข่งขันกีฬามหาวิทยาลัยครั้งที่ 42 หรือไม่
   1. ☐ ไม่เป็น
   2. ☐ เป็น ☐ นักกีฬากรีฑา ☐ นักกีฬาซอฟบอล
2. ท่านอายุ.....ปี
3. ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่
   1. ☐ ไม่มี
   2. ☐ มีโรคประจำตัว โปรดระบุ.....
4. ท่านมีอาการการบาดเจ็บทางร่างกายหรือไม่
   1. ☐ ไม่มี
   2. ☐ มี โปรดระบุ.....
5. ท่านมีความสมัครใจและยินดีลงนามยินยอมการเข้าร่วมการวิจัยหรือไม่
   1. ☐ มี
   2. ☐ ไม่มี
6. ท่านมีความสมัครใจและยินดีลงนามยินยอมการทดสอบเพื่อประเมินความแข็งแรงสัมบูรณ์ ซึ่งเป็นเกณฑ์การคัดเข้าหรือไม่
   1. ☐ มี
   2. ☐ ไม่มี

เลขที่โครงการวิจัย 212.1/57
วันที่รับรอง 23 ก.พ. 2558
วันหมดอายุ 22 ก.พ. 2559

ส่วนที่ 1 แบบประเมินความแข็งแรงสัมบูรณ์

คำชี้แจง ผู้ที่มีค่าความแข็งแรงสัมบูรณ์อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดช่วง 2.5–4.0 จะได้ผ่านเข้าร่วมการทดลอง

ครั้งที่	*ค่า 1 RM*	*ค่าความความแข็งแรงสัมบูรณ์*	*สรุปผล*	
			ผ่าน	*ไม่ผ่าน*
1				
2				
3				
4				
5				
6				

ภาคผนวก จ
แบบบันทึกข้อมูลส่วนบุคคล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบบันทึกข้อมูลส่วนบุคคล

การวิจัยเรื่อง ผลฉับพลันของการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายโดยใช้ท่าฝึกและช่วงระยะเวลาแตกต่างกันที่มีต่อพลังกล้ามเนื้อ

ข้อมูลพื้นฐาน

รหัสผู้มีส่วนร่วม ฯ..... ชื่อเล่น..... เบอร์ติดต่อ..... วันที่ประเมิน.....

Subject number..... Group..... อายุ.....

น้ำหนัก.....kg. ส่วนสูง..... cm. Resting HR..... bpm

จดหมายโครงการวิจัย 212.1/57

วันที่รับรอง 23 ก.พ. 2558

วันหมดอายุ 22 ก.พ. 2559

ภาคผนวก ฉ

แบบบันทึกผลการทดลองรายบุคคล

Subject number..... Group.....

การทดลองครั้งที่..... วันที่ทดลอง.....

Resting HR.....bpm. 60% ของ HRR.....

รายการของการทดลองการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย

- ○ การทดลองที่ 1 ทำท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา ช่วงระยะเวลา 15 วินาที
- ○ การทดลองที่ 2 ทำท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา ช่วงระยะเวลา 30 วินาที
- ○ การทดลองที่ 3 ทำท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา ช่วงระยะเวลา 45 วินาที
- ○ การทดลองที่ 4 ทำท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 135 องศา ช่วงระยะเวลา 15 วินาที
- ○ การทดลองที่ 5 ทำท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 135 องศา ช่วงระยะเวลา 30 วินาที
- ○ การทดลองที่ 6 ทำท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 135 องศา ช่วงระยะเวลา 45 วินาที

*หมายเหตุ ทุกการทดลองใช้ความถี่ 45 เฮิรตซ์ แอมพลิจูดในการสั่น 4 มิลลิเมตร

ผลการทดสอบพลังกล้ามเนื้อก่อนและหลังการสั่นทั้ง 6 การทดลอง

ข้อมูล	**ผลการทดสอบ**	
	ก่อนการทดลอง	**หลังการทดลอง**
ค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุด (วัตต์)		
ค่าแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งจากพื้นสูงสุด (นิวตัน)		
ค่าความเร็วสูงสุดของบาร์เบล (เมตร/วินาที)		

ภาคผนวก ช

แบบกำกับการทดลอง

แบบกำกับการทดลองการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายทั้ง 6 แบบการทดลอง ของผู้เข้าร่วมการทดลองทั้ง 12 คน

คนที่	ค่าพลังกล้ามเนื้อ (วัตต์)											
	การทดลองที่ 1		การทดลองที่ 2		การทดลองที่ 3		การทดลองที่ 4		การทดลองที่ 5		การทดลองที่ 6	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ซ

รายละเอียดของเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย (Whole-body vibration)

Specification	Pro5
Colour (standard)	Silver
Maximum Load	182 kilograms / 400 pounds
Frequency	25 to 50 Hertz
Frequency Adjust	1 Herts increments
Time Selection	30, 45 or 60 seconds / up to 9 minutes
Vibration Energy Output	Low or High
Dimensions (W x D x H)	87 cm x 107 cm x 156 cm 34 in x 42 in x 61 in
Surface Plate Dimensions (W x D)	84 cm x 84 cm 33 in x 33 in
Power Supply	150 kilograms / 330 pounds
Additional Features (by series)	90-260 VAC, 50/60 Hertz,Universal Voltage

ภาคผนวก ฌ

ท่าที่ใช้ในการทดสอบและทำการทดลอง

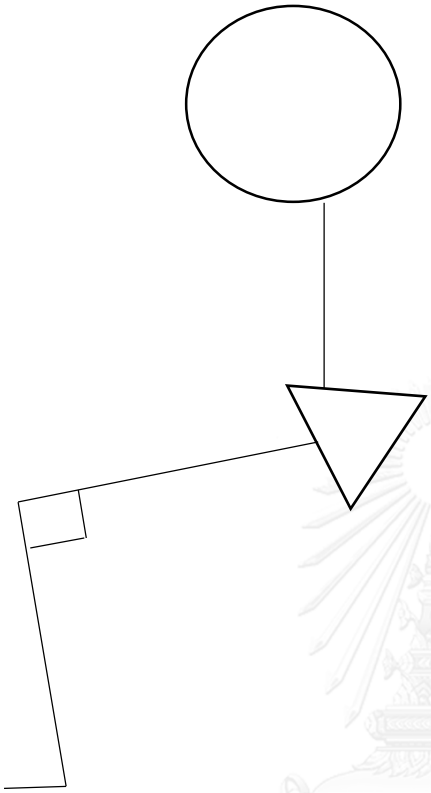
ท่าที่ใช้ทดสอบหาค่าความแข็งแรงสัมพัทธ์
จากเครื่อง Keiser A-300 squat

เครื่องฝึกกล้ามเนื้อด้วยแรงต้านจากแรงดันอากาศ
ผลิตในประเทศสหรัฐอเมริกา
ยี่ห้อ Keiser รุ่น A-300 squat

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

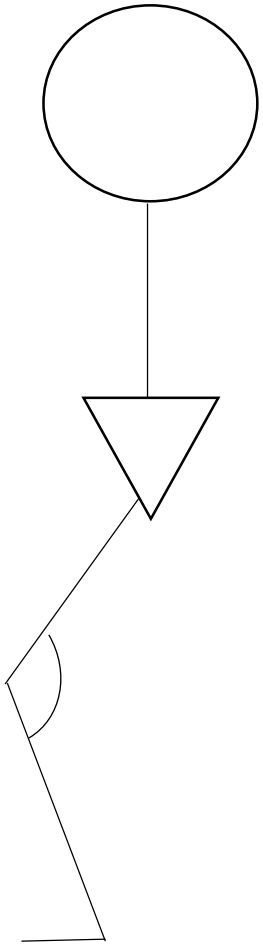
ท่าทางในการทดสอบหาค่าพลังกล้ามเนื้อสูงสุด โดยการกระโดดบนเครื่อง FT 700 Power System ด้วยแรงสูงสุดในการกระโดดจากท่าย่อตัวให้เข่าทำมุม 90 องศา (Half squat jump)

เครื่องทดสอบกำลัง FT 700 Power System. BMS (Ballistic measurement system software) ผลิตในประเทศออสเตรเลีย



ท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา

(Static half squat)



ท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 135 องศา

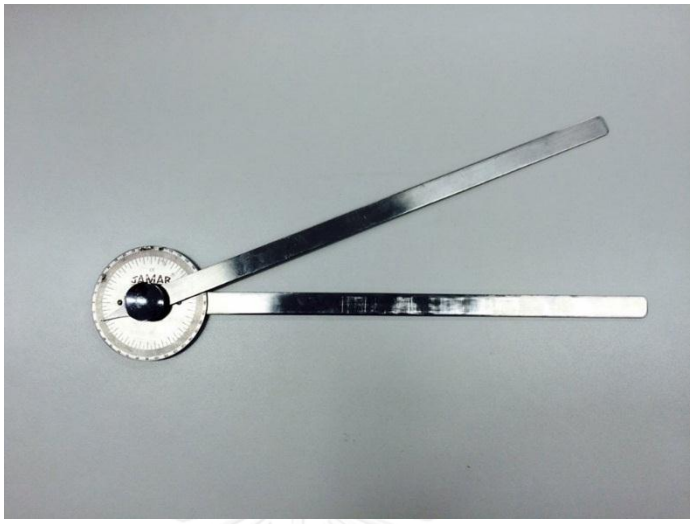
(Static quarter squat)

ท่าที่ใช้ในการทดลองในขณะปฏิบัติบนเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ญ

อุปกรณ์เสริมที่ใช้ในการทดสอบและทดลอง



(Goniometer)

การกำหนดมุมในการงอเข่าของท่าฝึกในขณะทดลองอยู่บนเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย จะใช้เครื่องมือ (Goniometer) เป็นตัววัดมุม

อุปกรณ์เสริมสำหรับควบคุมการเปลี่ยนแปลงมุมของเข่าขณะย่อตัวค้างไว้ในขณะปฏิบัติบนเครื่องสั่นสะเทือนทั้งร่างกายที่สามารถปรับระดับได้ตามมุมที่กำหนด

อุปกรณ์เสริมสำหรับควบคุมท่ากระโดดในขณะย่อตัวกระโดดบนเครื่อง FT 700 Power System จากท่าย่อตัวให้เข่าทำมุม 90 องศา เพื่อทดสอบหาค่าพลังกล้ามเนื้อสูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฎ
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิตอนงค์ ก้าวกสิกรรม
   อาจารย์ประจำภาควิชา กายภาพบำบัด
   คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
   รองหัวหน้าภาควิชากายภาพบำบัด / ประธานหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปราณีต เพ็ญศรี
   อาจารย์ประจำภาควิชา กายภาพบำบัด
   คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
   หัวหน้าศูนย์สุขภาพสหเวชศาสตร์ / รองหัวหน้าภาควิชากายภาพบำบัด
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อภิลักษณ์ เทียนทอง
   อาจารย์ประจำภาควิชา วิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ
   คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
   ประธานหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต วิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย
4. อาจารย์ ดร. นงนภัส เจริญพานิช
   อาจารย์ประจำแขนงวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
   คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
5. อาจารย์ ดร. วิรัตน์ สนธิ์จันทร์
   อาจารย์ประจำภาควิชา วิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย
   คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฏ

ตารางวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิต่อความตรงของเนื้อหาของเครื่องมือวิจัย

รายการขอความคิดเห็น	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่าน					ค่า IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5		
การทดลองแบบที่ 1							
1. กำหนดท่าฝึกบนเครื่องสั่นในท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา	1	1	1	1	1	**1**	ใช้ได้
2. ความถี่ที่ใช้ของการสั่น 45 เฮิรทซ์	1	1	1	1	1	**1**	ใช้ได้
3. ความสูงของการสั่น 4 มม.	1	1	1	1	1	**1**	ใช้ได้
4. ช่วงระยะเวลาของการสั่น 15 วินาที	1	1	1	0	0	**0.6**	ใช้ได้
การทดลองแบบที่ 2							
5. กำหนดท่าฝึกบนเครื่องสั่นในท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา	1	1	1	1	1	**1**	ใช้ได้
6. ความถี่ที่ใช้ของการสั่น 45 เฮิรทซ์	1	1	1	1	1	**1**	ใช้ได้
7. ความสูงของการสั่น 4 มม.	1	1	1	1	1	**1**	ใช้ได้
8. ช่วงระยะเวลาของการสั่น 30 วินาที	1	1	1	1	1	**1**	ใช้ได้
การทดลองแบบที่ 3							
9. กำหนดท่าฝึกบนเครื่องสั่นในท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา	1	1	1	1	1	**1**	ใช้ได้
10. ความถี่ที่ใช้ของการสั่น 45 เฮิรทซ์	1	1	1	1	1	**1**	ใช้ได้
11. ความสูงของการสั่น 4 มม.	1	1	1	1	1	**1**	ใช้ได้
12. ช่วงระยะเวลาของการสั่น 45 วินาที	1	1	1	1	1	**1**	ใช้ได้
การทดลองแบบที่ 4							
13. กำหนดท่าฝึกบนเครื่องสั่นในท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 135 องศา	1	0	1	0	1	**0.6**	ใช้ได้
14. ความถี่ที่ใช้ของการสั่น 45 เฮิรทซ์	1	1	1	1	1	**1**	ใช้ได้
15. ความสูงของการสั่น 4 มม.	1	1	1	1	1	**1**	ใช้ได้
16. ช่วงระยะเวลาของการสั่น 15 วินาที	1	1	1	0	1	**0.8**	ใช้ได้

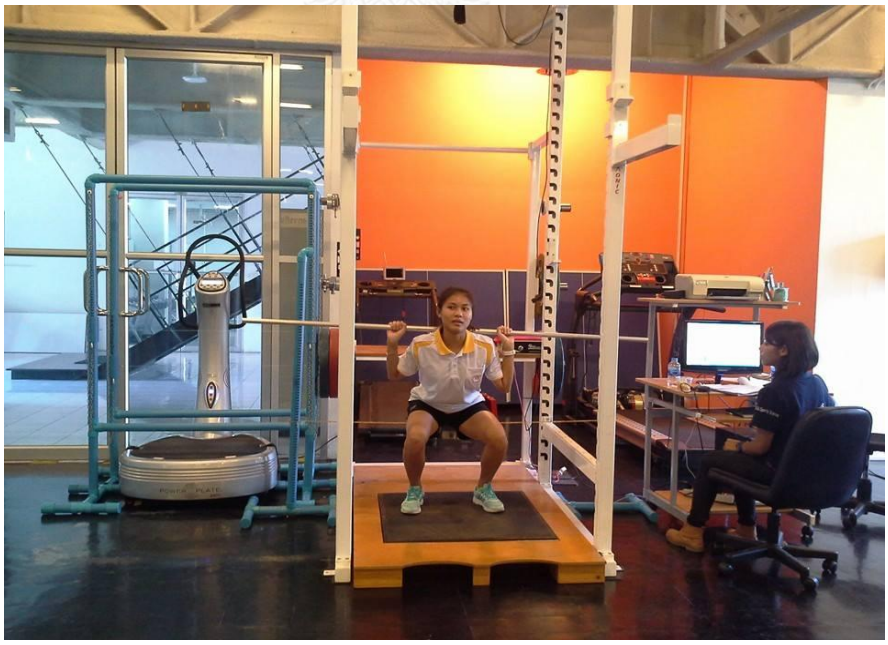
รายการขอความคิดเห็น	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่าน					ค่า IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5		
การทดลองแบบที่ 5							
17. กำหนดท่าฝึกบนเครื่องสั่นในท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 135 องศา	1	0	1	0	1	**0.6**	ใช้ได้
18. ความถี่ที่ใช้ของการสั่น 45 เฮิรทซ์	1	1	1	1	1	**1**	ใช้ได้
19. ความสูงของการสั่น 4 มม.	1	1	1	1	1	**1**	ใช้ได้
20. ช่วงระยะเวลาของการสั่น 30 วินาที	1	1	1	1	1	**1**	ใช้ได้
การทดลองแบบที่ 6							
21. กำหนดท่าฝึกบนเครื่องสั่นในท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 135 องศา	1	0	1	0	1	**0.6**	ใช้ได้
22. ความถี่ที่ใช้ของการสั่น 45 เฮิรทซ์	1	1	1	1	1	**1**	ใช้ได้
23. ความสูงของการสั่น 4 มม.	1	1	1	1	1	**1**	ใช้ได้
24. ช่วงระยะเวลาของการสั่น 45 วินาที	1	1	1	1	1	**1**	ใช้ได้
25. ทำการทดลอง 1 วัน/สัปดาห์ วันเสาร์ของสัปดาห์นั้น ระยะเวลาทั้งหมด 6 สัปดาห์	1	0	1	1	1	**0.8**	ใช้ได้
รวม						**0.92**	**ใช้ได้**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ฐ

รูปภาพขณะทำการทดลอง

ผู้เข้าร่วมการทดลองอบอุ่นร่างกายโดยการปั่นจักรยานวัดงาน (Cycle ergometer) 5 นาที



ผู้เข้าร่วมการทดลองซ้อมการกระโดดจากท่าย่อตัวให้เข่าทำมุม 90 องศา 2 ครั้ง

ทดสอบพลังกล้ามเนื้อทุกครั้งก่อนทำการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย โดยกระโดดบนเครื่อง FT 700 Power System ด้วยแรงสูงสุดในการกระโดดจากท่าย่อตัวให้เข่าทำมุม 90 องศา (Half squat jump) จำนวน 1 ครั้ง

ท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 90 องศา

ท่าย่อตัวค้างไว้ให้เข่าทำมุม 135 องศา

ทำการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายตามการทดลองตามการถ่วงดุลลำดับ

ทำการทดสอบพลังกล้ามเนื้อหลังทำการสั่นสะเทือนทั้งร่างกายภายในเวลา 30 วินาที จำนวน 1 ครั้ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) : นางสาวสลิษา ยูนุช

(ภาษาอังกฤษ) : MISS SALISA YUNUCH

วัน เดือน ปีเกิด : 06 ตุลาคม พ.ศ. 2533

สถานที่เกิด : กรุงเทพมหานคร

ที่อยู่ปัจจุบัน : บ้านเลขที่ 1 ซ.อ่อนนุช 70 แยก 7-1
แขวงประเวศ เขตประเวศ กทม. 10250

ประวัติการศึกษา : - สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา
เมื่อปีการศึกษา 2555
- เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์
มหาบัณฑิต แขนงวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2557

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University